



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**  
**DE 102 22 118 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**G 01 L 3/10**  
B 62 D 15/02  
B 62 D 6/00

②1 Aktenzeichen: 102 22 118.9  
②2 Anmeldetag: 17. 5. 2002  
④3 Offenlegungstag: 21. 11. 2002

③0 Unionspriorität:

2001-148894	18. 05. 2001	JP
2001-259961	29. 08. 2001	JP
2001-316435	15. 10. 2001	JP
2001-316788	15. 10. 2001	JP

⑦1 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

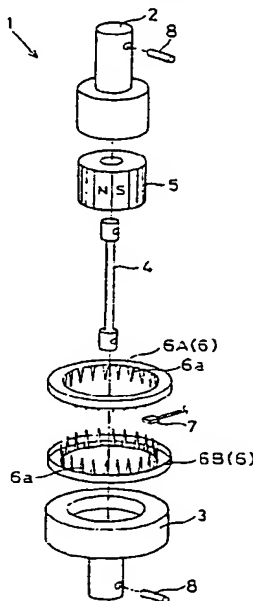
⑦2 Erfinder:

Nakane, Naoki, Kariya, Aichi, JP; Sugimura,  
Kiyoshi, Kariya, Aichi, JP; Fukaya, Shigetoshi,  
Nishio, Aichi, JP; Tokunaga, Masao, Nishio, Aichi,  
JP; Takeda, Kenji, Nishio, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Drehmomentsensor und elektrisches Servolenkungssystem mit Drehmomentsensor

⑤7 Ein Drehmomentsensor (1) weist auf: einen Drehstab (4), der an den Eingangs- und Ausgangswellen (2, 3) koaxial ausgerichtet ist, einen ringförmigen Magneten (5), der an einem axialen Ende der Eingangswelle befestigt ist, ein Paar Magnetjoch (6), die an ein axiales Ende der Ausgangswelle befestigt sind, und einen Magnetsensor (7) zum Erfassen der magnetischen Flussdichte, die zwischen dem Paar von Magnetjochen erzeugt wird. Jedes der Magnetjoch ist mit Klauen (6a) ausgestattet, die mit konstanten Abständen dazwischen in Umfangsrichtung angeordnet sind, und deren Anzahl gleich je der N- oder S-Pole ist, die abwechselnd in Umfangsrichtung in dem Magneten angeordnet sind. Jede Mittellinie der Klauen fällt mit einer Grenze zwischen unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten zusammen, wenn der Drehstab nicht gedreht ist. Der Magnetsensor ist in einen axialen Spalt zwischen dem Paar von Magnetjochen eingefügt, ohne die Magnetjoch zu berühren.



BEST AVAILABLE COPY

DE 102 22 118 A 1

DE 102 22 118 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Drehmomentsensor zum Erfassen von Drehmoment, das auf einen Drehstab ausgeübt wird, der in einem rotierenden Kraftübertragungssystem und insbesondere in einem elektrischen Servolenkungssystem verwendet wird.

[0002] Herkömmlicherweise werden gemäß einer in der JP-A-8-159887 offen gelegten Vorrichtung zum Erfassen eines Torsionsdrehmoments, das auf eine Drehstab ausgeübt wird, ein Magnet und ein Magnetsensor verwendet. Der Magnet ist an einem axialen Ende, und der Magnetsensor an dem anderen axialen Ende des Drehstabs befestigt. Wenn das Torsionsdrehmoment auf die gegenüberliegenden axialen Enden des Drehstabs angelegt wird, wird der Drehstab gedreht, so dass eine Rotationsversatzes des Magnetsensors relativ zu dem Magneten verändert wird. Dementsprechend wird eine Ausgabe im Ansprechen auf das ausgeübte Drehmoment von dem Magnetsensor erzeugt.

[0003] Gemäß obiger Erfassungsvorrichtung sind elektrische Kontakte, wie zum Beispiel eine Schleifbürste und ein Schleifring zur Energieversorgung des Magnetsensors und zum Aufnehmen eines Signals von dem Magnetsensor notwendig, da der Magnet und der Magnetsensor an den gegenüberliegenden axialen Enden des rotierenden Drehstabs befestigt sind. Die Verwendung der Schleifbürste und des Schleifrings neigt dazu die Zuverlässigkeit der Erfassungsvorrichtung zu verschlechtern.

[0004] Ferner werden, gemäß einer anderen in der JP-A-6-281513 offen gelegten Erfassungsvorrichtung, Schraubgetriebe verwendet, auf die der Magnet befestigt ist, zum Umwandeln des Rotationsversatzes des axialen Endes des Drehstabs relativ zu dem anderen axialen Ende des Drehstabs in einen axialen Versatz des Magnetes relativ zu dem auf einem Gehäuse befestigten Magnetsensor, obwohl diese Anmeldung angesichts dessen, dass der Magnet und der Magnetsensor verwendet werden, der JP-A-8-159887 ähnlich ist. Dementsprechend sind die elektrischen Kontakte zur Energieversorgung des Magnetsensors, und zum Aufnehmen eines Signals von dem Magnetsensor nicht notwendig.

[0005] Aber diese Erfassungsvorrichtung verwendet Getriebe, so dass der Aufbau der Erfassungsvorrichtung kompliziert ist. Ferner weist die Vorrichtung einen Nachteil der Funktion auf, da Erfassungsfehler und Ansprechverzögerungen aufgrund des Spiels der Getriebe und dem möglichen Verschleiß der Getriebe unvermeidbar scheinen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Drehmomentsensor bereitzustellen, dessen Aufbau kompakter und dessen Funktion genauer ist, ohne elektrische Kontakte zu verwenden, sowie ein elektrisches Servolenkungssystem bereitzustellen, in das der Drehmomentsensor eingebaut ist. Weiterhin ist es Aufgabe vorliegender Erfindung ein Verfahren zum einfachen Zusammenbauen eines ferromagnetischen Bauteils mit weichmagnetischen Bauteilen in dem Drehmomentsensor bereitzustellen.

[0007] Diese Aufgabe wird mit den in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Massnahmen gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Um obige Aufgabe zu erfüllen, ist bei einem Drehmomentssensor zum Erfassen des Torsionsdrehmoments, das auf eine erste und eine zweite Welle ausgeübt wird, ein elastisches Bauteil dazwischen angeordnet, und an die erste und zweite Welle befestigt, so dass die erste Welle, das elastische Bauteil und die zweite Welle koaxial in einer Linie sind. Das elastische Bauteil wird elastisch gedreht, wenn das Torsionsdrehmoment auf die erste und die zweite Welle ausgeübt wird. Ein ferromagnetisches Bauteil ist mit einer ge-

gebenen Position der ersten Welle oder einer gegebenen Position des elastischen Bauteils auf einer Seite der ersten Welle drehbar verbunden. Das ferromagnetische Bauteil erzeugt ein magnetisches Feld. Ein weichmagnetisches Bauteil ist mit einer gegebenen Position der zweiten Welle oder einer anderen gegebenen Position des elastischen Bauteils auf der Seite der zweiten Welle drehbar verbunden. Das weichmagnetische Bauteil liegt innerhalb des magnetischen Feldes und bildet einen magnetischen Kreis, so dass die in dem magnetischen Kreis erzeugte Magnetflussdichte verändert wird, wenn der Rotationsversatz des weichmagnetischen Bauteils entsprechend der Drehung des elastischen Bauteils relativ zu dem ferromagnetischen Bauteil verändert wird. Ein Magnetsensor ist in einer Umgebung und ohne Kontakt mit dem weichmagnetischen Bauteil zum Erfassen der in dem magnetischen Kreis erzeugten Magnetflussdichte angeordnet.

[0009] Mit obigem Drehmomentsensor erfasst der Magnetsensor nicht direkt den von dem ferromagnetischen Bauteil erzeugten Magnetfluss. Dementsprechend kann der Magnetsensor zum Beispiel an einem Gehäuse befestigt werden, in dem der Drehmomentsensor ohne elektrische Kontakte untergebracht ist, so dass die Zuverlässigkeit des Drehmomentsensors höher ist.

[0010] Es ist vorteilhaft, ein weichmagnetisches Hilfsbauteil zu haben, das in dem Drehmomentsensor einen Magnetflusssammelabschnitt aufweist. Das weichmagnetische Hilfsbauteil liegt in der Nähe des weichmagnetischen Bauteils zum Zuführen von Magnetfluss von dem weichmagnetischen Bauteil und zum Zusammenführen desselben zu dem Magnetflusssammelabschnitt. Dementsprechend erfasst der Magnetsensor die in dem magnetischen Kreis durch den Magnetflusssammelabschnitt erzeugte Magnetflussdichte. Da der in dem weichmagnetischen Hilfsbauteil erzeugte magnetische Fluss zu dem Magnetflusssammelabschnitt zusammengeführt wird, kann der Magnetsensor einen Durchschnitt der über einen gesamten Umfang des weichmagnetischen Bauteils erzeugten magnetischen Flussdichte erfassen. Dementsprechend werden kaum Erfassungsfehler, Ungenauigkeiten im Zusammenbau der Komponenten, die den magnetischen Kreis bilden oder mangelhafte Ausrichtung zwischen der ersten und der zweiten Welle durch Herstellungsfehler verursacht.

[0011] Vorzugsweise ist das ferromagnetische Bauteil ein ringförmiger Magnet, der N- und S-Pole aufweist, die in Umfangsrichtung abwechselnd angeordnet sind, und das weichmagnetische Bauteil ist ein Paar ringförmiger Magnetjochs, die um einen äußeren Umfang des Magneten angeordnet sind, und sich axial mit axialem Spalt dazwischen gegenüberliegen. Jedes der Magnetjochs weist Klauen auf, die radial bei konstanten Intervallen beabstandet sind, und deren Anzahl jeweils gleich der N- oder S-Pole ist. Ferner stehen die Klauen eines der Magnetjochs axial in Richtung des anderen Magnetjochs hervor, und sie sind so angeordnet, dass sie sich in Umfangsrichtung mit denen des anderen Magnetjochs abwechseln. Der Magnetsensor liegt in dem axialen Spalt zwischen dem Paar Magnetjochs.

[0012] Wenn bei obigem Aufbau die Winkelposition des Magneten relativ zu den Magnetjochs verändert wird, wenn das elastische Bauteil verdreht wird, kommen die Klauen einer der Magnetjochs näher an die N- oder S-Pole, und die Klauen des anderen Magnetjochs kommen näher an die S- oder N-Pole. Die Polarität des Magnetflusses, der in einem der Magnetjochs fließt, ist entgegengesetzt dem in dem anderen Magnetjoch. Zwischen den beiden Magnetjochs wird positive oder negative Magnetflussdichte erzeugt, die im Wesentlichen proportional zu einem Drehbetrag des elastischen Bauteils ist.

[0013] Ferner ist es vorteilhaft, dass das weichmagnetische Hilfsbauteil ein Paar ringförmiger Hilfsmagnetjoch ist, die jeweils den Magnetflusssammelabschnitt aufweisen. Einer der Hilfsmagnetjoch ist um einen äußeren Umfang einer der Magnetjoch angeordnet, und der andere Hilfsmagnetjoch ist um einen äußeren Umfang des anderen Magnetjochs angeordnet, so dass sich die Magnetflusssammelabschnitte des Paares von Hilfsmagnetjochen axial, mit einem axialen Spalt dazwischen, gegenüberliegen. In diesem Fall liegt der Magnetsensor in dem axialen Spalt zwischen den Magnetflusssammelabschnitten.

[0014] Ferner ist es vorteilhaft, dass die Länge des axialen Spalts zwischen beiden Magnetflusssammelabschnitten kürzer als die Länge des axialen Spalts zwischen beiden Abschnitten des Paares Hilfsmagnetjoch ist, mit Ausnahme der Magnetflusssammelabschnitte. Dieser Aufbau dient zum Verbessern der Erfassungsgenauigkeit des Drehmomentsensors.

[0015] Als Alternative kann der Drehmomentsensor ein erstes Rotationsübertragungsbauteil aufweisen, durch das der Magnet mit der gegebenen Position der ersten Welle oder der gegebenen Position des elastischen Bauteils auf der Seite der ersten Welle verbunden ist, und ein zweites Rotationsübertragungsbauteil, durch das das weichmagnetische Bauteil mit der anderen gegebenen Position der zweiten Welle oder der gegebenen Position des elastischen Bauteils auf der Seite der zweiten Welle verbunden ist. In diesem Fall liegen der Magnet und das Paar Magnetjoch axial parallel mit dem elastischen Bauteil.

[0016] Vorzugsweise ist das erste Rotationsübertragungsbauteil ein erstes Zahnrad, das an der ersten Welle befestigt ist, und ein zweites Zahnrad, das an dem Magneten befestigt ist, wobei das erste und zweite Zahnrad miteinander in Eingriff stehen, und das zweite Rotationsübertragungsbauteil ist ein drittes Zahnrad, das an der zweiten Welle befestigt ist, und ein viertes Zahnrad, das an den Magnetjochen befestigt ist, wobei das dritte und vierte Zahnrad miteinander in Eingriff stehen.

[0017] Bei diesem Aufbau kann ein Abtastabschnitt, wie zum Beispiel das ferromagnetische Bauteil, das weichmagnetische Bauteil und der Magnetsensor getrennt von der ersten und zweiten Welle und dem elastischen Bauteil montiert werden. Dementsprechend ist es einfacher, den Abtastabschnitt zum Beispiel an das elektrische Servolenkungssystem zu montieren. Ferner kann der Abtastabschnitt als einzelner Körper ersetzt werden, was Instandhaltungsarbeiten erleichtert.

[0018] Ferner ist vorteilhaft, dass jede der axialen Mittellinien der Klauen der beiden Magnetjoch so liegt, dass sie im Wesentlichen mit einer Grenze zwischen den unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten zusammenfällt, wenn ein Drehwinkel des elastischen Bauteils einen Referenzwert zeigt. Wenn das elastische Bauteil nicht gedreht wird, das heißt, wenn kein Torsionsdrehmoment auf die erste und zweite Welle ausgeübt wird, wenn die axiale Mittellinien der Klauen so eingestellt sind, dass sie im Wesentlichen mit einer Grenze zwischen den unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten zusammenfallen, ist der Drehmomentsensor weniger durch Magnetisierung beeinflusst, deren Wert aufgrund der Temperaturveränderung verringert wird.

[0019] Wenn zwei Magnetsensoren benutzt werden, deren Magnetismuserfassungsrichtungen einander entgegengesetzt sind, und vorzugsweise symmetrisch in Bezug auf eine Achse des weichmagnetischen Bauteils liegen, kann die Differenz zwischen den Ausgaben der zwei Sensoren verwendet werden, um die Temperaturdrift des Magneten, der Magnetjoch und des Magnetsensors aufzuheben, so dass

die Empfindlichkeit des Drehmomentsensors verdoppelt wird.

[0020] Alternativ kann der Magnetsensor aus mehr als zwei Sensoren bestehen, die mit konstanten Abständen am Umfang liegen, und deren Magnetismuserfassungsrichtungen zueinander gleich sind. Wenn die Ausgaben von den Sensoren durch Addieren oder Durchschnittsberechnung verarbeitet werden, wird die Erfassungsgenauigkeit des Drehmomentsensors merklich verbessert, da die Maßschwankung der magnetischen Kreiskomponenten, wie zum Beispiel der Magneten und der Magnetjoch, und die Positionsschwankung der Magnetsensoren weniger beeinflusst werden.

[0021] Es ist vorteilhaft, dass eine magnetische Abschirmung mindestens den äußeren Umfang des Magnetsensors abdeckt. Die magnetische Abschirmung dient dazu, Einflüsse von Erdmagnetismus und magnetischen Feldern, die um den Drehmomentsensor erzeugt werden, aufzuheben, so dass fehlerhafte Erfassung verhindert wird. Die magnetische Abschirmung kann nur einen äußeren Umfang des Magnetsensors oder einen ganzen Abschnitt des magnetischen Kreises des Drehmomentsensors bedecken.

[0022] Vorteilhafterweise ist die axiale Länge des Magneten länger als die des Magnetjochs. Eisenspäne können an den Kanten des Magneten haften, ohne in einen radialen Spalt zwischen dem Magneten und den Magnetjochen einzudringen, was den magnetischen Kreis zum Erfassen des Drehmoments nicht nachteilig beeinflusst, so dass die fehlerhafte Erfassung verhindert werden kann.

[0023] Im Fall, dass der oben erwähnte Drehmomentsensor in ein elektrisches Servolenkungssystem zum Lenken eines Fahrzeugrades eingebaut ist, ist die erste oder zweite Welle mit einem Ende der Lenkung verbunden, auf die das Lenkungs-drehmoment ausgeübt wird, die andere Welle ist mit einem Lenkgetriebe verbunden, und ein Elektromotor versorgt den Lenkgetriebe im Ansprechen auf einen Steuerstrom von einer Steuerschaltung, wiederum in Ansprechen auf eine erfasste Ausgabe des Magnetsensors mit Antriebskraft, zum Unterstützen des auf die Lenkung ausgeübten Lenkungs-drehmoments.

[0024] Wenn der Magnetsensor eine integrierte Schaltung (bzw. holt IC) ist, dann ist der Drehmomentsensor kompakt und günstig, da die Hilfsschaltungen, wie zum Beispiel eine Verstärkungseinstellschaltung, eine Offsetschaltung und eine Temperaturkompensationsschaltung, nicht notwendig sind, so dass der Drehmomentsensor aus einer geringeren Anzahl an Komponenten bestehen kann. Da die Loch-Integrierte Schaltung keinen Schwingkreis benötigt, so dass kaum Rauschen abgestrahlt wird, stellt die Loch-Integrierte Schaltung kein Problem bezüglich des Rauschens für umliegende elektrische Vorrichtungen dar.

[0025] Es ist vorteilhaft, dass die Steuerschaltung ein Leiterplatte aufweist auf der auch der Magnetsensor montiert ist. In diesem Fall sind Kabelbäume und Verbindungsstücke zum Verbinden des Drehmomentsensors und der Steuerschaltung nicht notwendig, was wegen den fehlenden elektrischen Kontakten zu Kostenersparnis und höhere Zuverlässigkeit führt.

[0026] Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden, wie auch die Verfahren des Betriebs und die Funktion zugehöriger Teile durch die folgende detaillierte Beschreibung, die beiliegenden Ansprüche und die Zeichnung gewürdigt, welche Teil dieser Anmeldung sind.

[0027] Fig. 1 ist eine perspektivische Explosionszeichnung eines Drehmomentsensors gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0028] Fig. 2A ist eine Querschnittsansicht eines Drehmomentsensors von Fig. 1;

[0029] Fig. 2B ist eine Draufsicht auf einen Magneten und ein Magnetjoch des Drehmomentsensors von Fig. 1;

[0030] Fig. 2C ist eine Seitenansicht des Magneten und der Magnetjoch des Drehmomentsensors von Fig. 1;

[0031] Fig. 3A ist eine perspektivische Ansicht eines Drehmomentsensors gemäß einer Abwandlung der ersten Ausführungsform;

[0032] Fig. 3B ist eine perspektivische Explosionszeichnung des Drehmomentsensors von Fig. 3A;

[0033] Fig. 4A ist eine schematische Ansicht des Magneten und der Magnetjoch, wenn ein Drehstab in eine Richtung gemäß der ersten Ausführungsform gedreht ist;

[0034] Fig. 4B ist eine schematische Ansicht des Magneten und der Magnetjoch gemäß der ersten Ausführungsform, wenn der Drehstab nicht gedreht ist;

[0035] Fig. 4C ist eine schematische Ansicht des Magneten und der Magnetjoch gemäß der ersten Ausführungsform, wenn der Drehstab in eine andere Richtung gedreht ist;

[0036] Fig. 4D ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen der Magnetflussdichte und dem Drehwinkel des Drehstabs gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt;

[0037] Fig. 5 ist eine perspektivische Explosionszeichnung eines Drehmomentsensors gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0038] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht des Drehmomentsensors von Fig. 5;

[0039] Fig. 7 ist eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teiles eines Drehmomentsensors gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0040] Fig. 8 ist eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teiles eines Drehmomentsensors gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0041] Fig. 9 ist eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teiles eines Drehmomentsensors gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0042] Fig. 10 ist eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teiles eines Drehmomentsensors gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0043] Fig. 11 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen der Magnetflussdichte und dem magnetischen oder mechanischen Winkel des Drehstabs gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0044] Fig. 12 ist eine Querschnittsansicht des Drehmomentsensors gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0045] Fig. 13 ist eine Querschnittsansicht eines Drehmomentsensors zum Zweck des Vergleichs mit dem Drehmomentsensor gemäß der achten Ausführungsform;

[0046] Fig. 14 ist eine Draufsicht eines Drehmomentsensors gemäß einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0047] Fig. 15 ist eine Querschnittsansicht des Drehmomentsensors von Fig. 14;

[0048] Fig. 16 ist eine Querschnittsansicht eines Drehmomentsensors gemäß einer Abwandlung der neunten Ausführungsform;

[0049] Fig. 17 ist eine schematische Ansicht des gesamten elektrischen Servolenkungssystems gemäß einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0050] Fig. 18 ist eine Querschnittsansicht eines Drehmomentsensors gemäß einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0051] Fig. 19 ist eine Querschnittsansicht eines Drehmomentsensors gemäß einer zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0052] Fig. 20A ist eine perspektivische Ansicht eines Drehmomentsensors gemäß einer dreizehnten Ausführungs-

form der vorliegenden Erfindung;

[0053] Fig. 20B ist eine Draufsicht eines Rotationsübertragungsbauteils des Drehmomentsensors von Fig. 20A;

[0054] Fig. 21A ist eine Querschnittsansicht eines Drehmomentsensors, das auf einem Säulengehäuse gemäß einer vierzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung befestigt ist;

[0055] Fig. 21B ist eine schematische Ansicht des Drehmomentsensors von Fig. 21A in axialer Ansicht;

[0056] Fig. 22A ist eine Querschnittsansicht eines Drehmomentsensors, der auf einem Säulengehäuse gemäß einer Abwandlung der vierzehnten Ausführungsform befestigt ist; und

[0057] Fig. 22B ist eine schematische Ansicht des Drehmomentsensors von Fig. 22A in axialer Ansicht.

#### Erste Ausführungsform

[0058] Ein Drehmomentsensor 1 gemäß einer ersten Ausführungsform ist mit Bezug auf die Fig. 1 bis 4D beschrieben.

[0059] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Explosionszeichnung des Drehmomentsensors 1. Fig. 2A ist eine Querschnittsansicht des Drehmomentsensors 1. Fig. 2B und 2C zeigen jeweils eine Drauf- und Seitenansicht eines Magneten und von Magnetjochen.

[0060] Der Drehmomentsensor ist zum Beispiel auf ein elektrisches Servolenkungssystem für ein Fahrzeug anwendbar (siehe Fig. 17) und zwischen einer Eingangswelle 2 und einer Ausgangswelle 3 angeordnet, die eine Lenkspindel bilden. Der Drehmomentsensor 1 dient zum Erfassen des Lenkdrehmoments, das auf die Lenkspindel ausgeübt wird. [0061] Der Drehmomentsensor besteht aus einem Drehstab 4 (elastisches Bauteil), der die Eingangswelle 2 und die Ausgangswelle 3 coaxial verbindet, einem Magneten 5 (ferromagnetisches Bauteil), das an einem axialen Ende der Eingangswelle 2 auf der Seite der Ausgangswelle 3 befestigt ist, einem Paar Magnetjoch 6 (weichmagnetisches Bauteil), das an einem axialen Ende der Ausgangswelle 3 befestigt ist, und einem Magnetsensor 7 zum Erfassen der Magnetflussdichte, die zwischen dem Paar Magnetjoch 6 erzeugt wird.

[0062] Gegenüberliegende axiale Enden des Drehstabs 4 sind jeweils in Löcher der Eingangs- und Ausgangswelle 2 und 3 eingefügt und jeweils über Stifte 8 an das andere axiale Ende der Eingangswelle 2 und das andere axiale Ende der Ausgangswelle 3 befestigt. Der Drehstab 4 hat ergebene Torsions/Drehmoment-Eigenschaften, die zum Erbringen einer geeigneten Rotationsversatzes seines axialen Endes relativ zu seinem anderen axialen Ende notwendig sind. Dementsprechend kann, wenn der Drehstab 4 gedreht wird, das axiale Ende der Eingangswelle 2 relativ zu dem axialen Ende der Ausgangswelle 3 gedreht, oder in Umfangsrichtung bewegt werden.

[0063] Der Magnet 5, der ringförmig ausgebildet ist, und aus N- und S-Polen besteht, die abwechselnd in Umfangsrichtung angeordnet sind, liegt außerhalb eines äußeren Umfangs des Drehstabs 4. Der Magnet 5 weist zum Beispiel 24 Pole auf.

[0064] Wie in Fig. 1 gezeigt, ist jedes Magnetjoch des Paares von Magnetjochen 6 (6A, 6B) ringförmig ausgebildet und um und in einer Umgebung von einem äußeren Umfang des Magneten 5 angeordnet. Jedes der Magnetjoch 6A oder 6B ist ausgestattet mit Klauen 6a, die in Umfangsrichtung konstante Abstände aufweisen und deren Anzahl gleich der der N- oder S-Pole des Magneten 5 ist (12 Teile). Das Paar Magnetjoch 6 ist befestigt an und wird unterstützt durch eine Befestigungsbasis oder Haltevorrichtung 9 (siehe

Fig. 2), auf eine solche Weise, dass die Klauen 6a des Magnetjoches 6A und die Klauen 6a des Magnetjoches 6B axial in eine Richtung hervorstehen, so dass sie sich einander nahe kommen, und so liegen, dass sie sich in Umfangsrichtung miteinander abwechseln.

[0065] In einem Zustand, in dem der Drehstab 4 nicht gedreht ist (wenn kein Torsionsdrehmoment auf den Drehstab 4 ausgeübt wird, um die Eingangswelle 2 dazu zu veranlassen, sich relativ zu der Ausgangswelle 3 zu drehen), liegt jede axiale Mittellinie der Klauen 6a der Magnetjoch 6 (6A und 6B) so, dass sie mit einer Grenze zwischen unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten zusammenfällt.

[0066] Wie in Fig. 2C klarer ersichtlich, ist der Magnetsensor 3 in einem axialen Spalt G angeordnet, der zwischen dem Magnetjoch 6A und dem Magnetjoch 6B besteht, und erfasst die Magnetflussdichte, die zwischen den Magnetjochen 6A und 6B erzeugt wird. Der Magnetsensor 3 ist an einer gegebenen Stelle eines Gehäuses (nicht dargestellt) befestigt, ohne mit den Magnetjochen 6 in Kontakt zu geraten.

[0067] Der Magnetsensor 7 weist ein Lochelement, eine integrierte Schaltung (bzw. holt IC oder Loch-IC) oder ein magnetisches Widerstandselement auf, das ein elektrisches Signal (zum Beispiel ein Spannungssignal) ausgibt, dessen Wert von einem Wert der erfassten Magnetflussdichte umgewandelt ist.

[0068] Somit ist der Magnet 5 an dem axialen Ende der Eingangswelle 2 befestigt, und die Magnetjoch 6 sind an einem axialen Ende der Ausgangswelle 3 in obiger Ausführungsform befestigt, wie in den Fig. 1 bis 2C gezeigt, der Magnet 5 kann an dem axialen Ende des Drehstabs 4 auf einer Seite der Eingangswelle 2 befestigt sein, und das Magnetjoch 6 kann an dem anderen axialen Ende des Drehstabs 4 auf einer Seite der Ausgangswelle 3 befestigt sein, wie in Fig. 3A und 3B gezeigt. In diesem Fall ist eine innere Fläche des ringförmigen Magneten 5 an eine äußere Fläche des Drehstabs 4 pressgepasst, und ein inneres Loch einer Haltevorrichtung 9A zum Halten der ringförmigen Magnetjoch 6A und 6B ist an die äußere Fläche des Drehstabs 4 pressgepasst.

[0069] Der Magnet 5 und die Magnetjoch 6 sind in dem Drehmomentsensor 1 zusammengebaut, und der Magnet 5 wird durch die folgenden Schritte relativ zu den Magnetjochen 6 positioniert:

(1) Befestigen der ringförmigen Magnetjoch 6 an den Drehstab 4 auf der Seite der Ausgangswelle 3 oder dem axialen Ende der Ausgangswelle 3, zum Beispiel durch Presspassen oder Kleben,

(2) Einfügen des Magneten 5 in die ringförmigen Magnetjoch 6 und Halten des Magneten 5 darin, um freie Rotation relativ zu dem Drehstab 4 oder der Eingangswelle 2 für den versuchsweisen Zusammenbau zu ermöglichen,

(3) Definieren einer Magnetruheposition, an der der Magnet 5 innerhalb der ringförmigen Magnetjoch 6 aufgrund der magnetischen Anziehungskraft ruht, die zwischen dem Magneten 5 und den ringförmigen Magnetjochen 6 erzeugt wird, und

(4) Befestigen des Magneten 5 an dem Drehstab 4 auf der Seite der Eingangswelle 2 oder dem axialen Ende der Eingangswelle 2 auf eine solche Weise, dass der Magnet 5 die Magnetruheposition hält.

[0070] Eine Betriebsart des Drehmomentsensors 1 ist nachstehend beschrieben.

[0071] Wie in Fig. 4B gezeigt, fällt in dem Zustand, dass kein Drehmoment auf den Drehstab 4 ausgeübt wird, so dass die Eingangswelle 2 nicht relativ zu der Ausgangswelle 3

gedreht wird, das heißt einer neutralen Position, bei der der Drehstab 4 nicht gedreht ist, jede axiale Mittellinie der Klauen 6a der Magnetjoch 6 mit einer Grenze zwischen den unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten 5 zusammen. In diesem Fall, da die Anzahl der Linien der magnetischen Kraft, die zwischen jeden der N-Pole und jede der Klauen 6a hindurchgehen, gleich denen ist, die zwischen jede der Klauen 6a und jeden der S-Pole hindurchgehen, sind die Linien der magnetischen Kraft innerhalb der jeweiligen Magnetjoch 6A und 6B geschlossen, und streuen nicht in den axialen Spalt G zwischen dem Magnetjoch 6A und dem Magnetjoch 6B. Dementsprechend ist der Wert der Magnetflussdichte, die von dem Magnetsensor erfasst werden soll, null, wie in Fig. 4D gezeigt.

[0072] Wie in Fig. 4A oder 4C gezeigt, wird, wenn Drehmoment auf den Drehstab 4 ausgeübt wird, so dass die Eingangswelle 2 relativ zu der Ausgangswelle 3 gedreht wird, das heißt, wenn der Drehstab 4 gedreht wird, eine Winkelposition des Magneten 5, der an der Eingangswelle 2 befestigt ist, relativ zu dem Paar Magnetjoch 6 in Umfangsrichtung verändert, die an der Ausgangswelle 3 befestigt sind. Wenn jede axiale Mittellinie der Klauen 6a der Magnetjoch 6 von einer Grenze zwischen den jeweiligen N- und S-Polen des Magneten 5 in Umfangsrichtung verschoben ist, erhöht sich die Anzahl der magnetischen Kraftlinien, die einen N- oder einen S-Pol aufweisen, in jedem der Magnetjoch 6A und 6B. Da die Polarität der magnetischen Kraftlinien, deren Anzahl sich in einem der Magnetjoch 6A erhöht, entgegengesetzt zu den anderen Magnetjochen 6B ist, wird Magnetflussdichte zwischen den Magnetjochen 6A und 6B erzeugt, das heißt in dem axialen Spalt G. Der Wert der Magnetflussdichte ist ungefähr proportional zu einem Drehbetrag des Drehstabs 4, und ihre Polarität kann entsprechend der Richtung, in der der Drehstab 4 gedreht wird, invertiert werden.

[0073] Nachstehend werden Vorteile des Drehmomentsensors 1 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0074] Wenn der Drehstab 4 gedreht ist und die relative Position des Magneten 5 zu dem Paar Magnetjoch 6 in Umfangsrichtung verändert ist, ist die Magnetflussdichte zwischen dem Paar Magnetjoch 6 bei der gesamten Umgebung davon verändert, und der Wert der Magnetflussdichte ist bei jeder Umfangsposition identisch. Dementsprechend kann, wenn der Magnetsensor 7 bei einer gegebenen Position in dem axialen Spalt G liegt, mit dem sich die Magnetjoch 6A und 6B einander gegenüberliegen, der Magnetsensor 7 die Magnetflussdichte zwischen dem Paar Magnetjoch 6 erfassen, ohne das Magnetjoch 6 zu berühren. Daher ist die Erfassungszuverlässigkeit des Drehmomentsensors 1 höher, da die elektrischen Kontakte (zum Beispiel die Schleifbürste und der Schleifring) für den Magnetsensor 7 nicht notwendig sind.

[0075] Ferner kann, da jede axiale Mittellinie der Klauen 6a der Magnetjoch 6 mit einer Grenze zwischen den unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten 5 zusammenfällt, wenn der Drehstab 4 nicht gedreht ist, ein neutraler Punkt des Magnetsensors 7 nie verschoben werden, selbst wenn die Magnetkraft des Magneten 5 aufgrund einer Temperaturveränderung verändert wird, wie in Fig. 4D gezeigt. Dementsprechend ist es unwahrscheinlich, dass der Drehmomentsensor durch Offset-Drift beeinflusst wird, und seine Genauigkeit ist in einer Umgebung des neutralen Punktes stabiler.

[0076] Ferner kann die Position des Magneten 5 relativ zu den Magnetjochen 6 genau definiert werden, so dass die Ausgabe des Magnetsensors im Wesentlichen null ist, wenn der Drehstab 4 nicht gedreht ist, da der Magnet 5 an den Drehstab 4 oder die Eingangswelle 2 befestigt wird, nachdem die Magnetruheposition definiert ist, um die Magne-



truheposition zu halten.

#### Zweite Ausführungsform

[0077] Ein Drehmomentsensor 1 gemäß der zweiten Ausführungsform ist mit Bezug auf die Fig. 5 und 6 beschrieben.

[0078] Fig. 5 zeigt eine perspektivische Explosionszeichnung eines Drehmomentsensors 1. Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht des Drehmomentsensors 1.

[0079] Der Drehmomentsensor 1 gemäß der zweiten Ausführungsform weist ein Paar Magnetflusssammelringe 10 (weichmagnetische Hilfsbauteile) zusätzlich zu den Komponenten der ersten Ausführungsform auf.

[0080] Jeder der Magnetflusssammelringe 10 (10A, 10B) ist aus demselben weichmagnetischen Material wie die Magnetjoch 6 hergestellt und in Ringform ausgebildet. Die Magnetflusssammelringe 10A und 10B liegen jeweils um und in einer Umgebung von den äußeren Umfängen der Magnetjoch 6A und 6B.

[0081] Jeder der Magnetflusssammelringe 10 ist an einer Umfangsposition davon mit einer flachen Sammelplatte 10a ausgestattet. Die Sammelplatten 10a der Magnetflusssammelringe 10A und 10B liegen einander axial gegenüber. Der axiale Abstand zwischen den Sammelplatten 10a ist kürzer als der zwischen den anderen Teilen der Magnetflusssammelringe 10A und 10B. Der Magnetsensor 7 liegt zwischen den Sammelplatten 10a, die sich axial gegenüberliegen, und erfasst die Magnetflussdichte, die zwischen den Sammelplatten 10a erzeugt wird.

[0082] Mit obigem Aufbau wird der von dem Magneten 5 erzeugte Magnetfluss vorrangig auf den Sammelplatten 10a über die Magnetjoch gesammelt, da die Magnetflusssammelringe 10 einen Teil des magnetischen Kreises bilden. Der Magnetsensor 7 erfasst die Magnetflussdichte zwischen den Sammelplatten 10a, deren Wert ein Durchschnittswert der Magnetflussdichte zwischen den gesamten Umfängen der Magnetjoch 6 ist. Dementsprechend werden in dem Drehmomentsensor 1 gemäß der zweiten Ausführungsform Erfassungsfehler kaum durch die Herstellungsfehler, Ungenauigkeiten bei dem Zusammenbau der Komponenten, die den Magnetischen Kreis bilden, oder Fluchtungsfehler zwischen den Eingangs- und Ausgangswellen 2 und 3 verursacht.

#### Dritte Ausführungsform

[0083] Ein Drehmomentsensor 1 gemäß einer dritten Ausführungsform ist mit Bezug auf Fig. 7 beschrieben. Fig. 7 zeigt eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teiles des Drehmomentsensors 1.

[0084] Der Drehmomentsensor 1 gemäß einer dritten Ausführungsform weist zwei Magnetsensoren 7 auf, die in dem axialen Spalt zwischen den Magnetjochen 6A und 6B liegen. Die Magnetismuserfassungsrichtungen der jeweiligen Magnetsensoren 7 sind einander entgegengesetzt, wie durch die Pfeile in Fig. 7 gezeigt. Jeder der Magnetsensoren 7 ist an eine Differenzschaltung 11 angeschlossen. Die Differenzschaltung 11 gibt ein Drehmomentsignal aus, nachdem die Ausgangssignale von den Magnetsensoren 7, die in die Differenzschaltung 11 eingegeben werden, darin differenziell verarbeitet werden.

[0085] Im Fall eines einzelnen Magnetsensors 7 ist die Erfassungsschwankung aufgrund der Position, an der der Magnetsensor liegt, relativ groß. Aber da der Drehmomentsensor 1 gemäß der dritten Ausführungsform zwei Magnetsensoren 7 aufweist, ist die Erfassungsschwankung aufgrund der Positionen, an denen die Magnetsensoren liegen, klei-

ner.

[0086] Ferner kann die Ausgabedifferenz zwischen den Magnetsensoren 7 wirkungsvoll verwendet werden zum Aufheben der Temperaturdrift und zum Erhöhen der Erfassungsempfindlichkeit.

[0087] Die Differenzschaltung 11 kann eine Komponente des Drehmomentsensors 1 sein, oder auch nicht. Wenn die Differenzschaltung keine Komponente des Drehmomentsensors 1 ist, übernimmt die ECU bzw. elektronische Steuereinheit (nicht dargestellt) die Rolle der Differenzschaltung 11 und kann auf der Grundlage der Ausgabe der Magnetsensoren 7 zum Berechnen des Drehmoments differenzielle Verarbeitungen ausführen.

[0088] Die zwei Magnetsensoren gemäß der dritten Ausführungsform können auch in der zweiten Ausführungsform angewendet werden.

#### Vierte Ausführungsform

[0089] Ein Drehmomentsensor 1 gemäß einer vierten Ausführungsform ist mit Bezug auf Fig. 8 beschrieben. Fig. 8 zeigt eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teils eines Drehmomentsensors 1.

[0090] Der Drehmomentsensor 1 gemäß der vierten Ausführungsform weist zwei Magnetsensoren 7 auf, was der dritten Ausführungsform ähnelt. Die zwei Magnetsensoren 7 sind in dem axialen Spalt zwischen den Magnetjochen 6A und 6B in Bezug auf den Drehstab 4 symmetrisch angeordnet (auf radial gegenüberliegenden Seiten des Drehstabs 4). Die Magnetismuserfassungsrichtungen der jeweiligen Magnetsensoren 7 sind zueinander entgegengesetzt, wie in Fig. 8 durch Pfeile gezeigt. Jeder der Magnetsensoren 7 ist an eine Differenzschaltung 11 angeschlossen. Die Differenzschaltung 11 gibt ein Drehmomentsignal aus, nachdem die Ausgangssignale von den Magnetsensoren 7, die in die Differenzschaltung 11 eingegeben werden, darin differenziell verarbeitet werden.

[0091] Da der Drehmomentsensor 1 gemäß der vierten Ausführungsform zwei Magnetsensoren 7 aufweist, was der dritten Ausführungsform ähnelt, wird die Erfassung weniger durch die Positionen, an denen die Magnetsensoren liegen, beeinflusst und daher ist die Erfassungsgenauigkeit verglichen mit der eines einzelnen Magnetsensors höher.

[0092] Ferner kann die Ausgangsdifferenz zwischen den Magnetsensoren 7 wirkungsvoll zum Aufheben der Temperaturdrift und zum Erhöhen der Erfassungsempfindlichkeit um ein Zweifaches verwendet werden, da die physikalische Größe der Erfassung verdoppelt ist. Ferner wirkt sich eine Fehlausrichtung zwischen der Eingangs- und Ausgangswelle 2 und 3 weniger auf die Erfassungsgenauigkeit aus.

[0093] Die Differenzschaltung 11 kann eine Komponente des Drehmomentsensors 1 sein oder nicht. Wenn die Differenzschaltung 11 keine Komponente des Drehmomentsensors 1 ist, übernimmt die ECU (nicht dargestellt) die Rolle der Differenzschaltung 11 und kann differenzielle Verarbeitung basierend auf den Ausgaben der Magnetsensoren 7 zum Berechnen des Drehmoments ausführen.

#### Fünfte Ausführungsform

[0094] Ein Drehmomentsensor 1 gemäß einer fünften Ausführungsform ist mit Bezug auf Fig. 9 beschrieben. Fig. 9 zeigt eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teiles des Drehmomentsensors 1.

[0095] Der Drehmomentsensor 1 gemäß der fünften Ausführungsform weist zwei Magnetsensoren 7 auf, die symmetrisch in Bezug auf den Drehstab 4 in den Sammelplatten 10a der Magnetflusssammelringe 10 (10A, 10B) angeordnet

sind, was der zweiten Ausführungsform ähnelt. Die Sammelplatten 10a gemäß der fünften Ausführungsform sind zwei Paare von Sammelplatten 10a, die in Umfangsrichtung mit 180°-Abständen dazwischen ausgebildet sind, wie in Fig. 9 gezeigt.

[0096] Jeder der zwei Magnetsensoren 7 liegt zwischen einem der Paare von Sammelplatten 10a, die einander axial gegenüberliegen. Die Magnetismuserfassungsrichtungen der jeweiligen Magnetsensoren 7 sind einander entgegengesetzt, wie durch die Pfeile in Fig. 9 gezeigt. Jeder der Magnetsensoren 7 ist an eine Differenzschaltung 11 angeschlossen. Die Differenzschaltung 11 gibt ein Drehmoment-signal aus, nachdem die Ausgangssignale von den Magnetsensoren 7 darin differenziell verarbeitet werden.

[0097] Die fünfte Ausführungsform hat nicht nur den Vorteil, dass jeder der Magnetsensoren 7 einen Durchschnittswert der Magnetflussdichte zwischen den gesamten Umfängen der Magnetjoch 6 aufgrund der Verwendung der Magnetflusssammelringe 10 erfasst, sondern hat auch den anderen Vorteil, dass die Erfassungsempfindlichkeit zweimal so hoch ist, und die Fehlausrichtung zwischen der Eingangs- und Ausgangswelle 2 und 3 sich weniger auf die Erfassungsgenauigkeit auswirkt.

#### Sechste Ausführungsform

[0098] Ein Drehmomentsensor 1 gemäß einer sechsten Ausführungsform ist mit Bezug auf Fig. 10 beschrieben. Fig. 10 zeigt eine perspektivische Explosionszeichnung eines Teiles eines Drehmomentsensors 1.

[0099] Der Drehmomentsensor 1 gemäß der sechsten Ausführungsform weist mehr als zwei Magnetsensoren 7 auf (drei Magnetsensoren 7 in dieser Ausführungsform).

[0100] Die drei Magnetsensoren 7, die in Umfangsrichtung mit konstanten Abständen angeordnet sind, sind in dem axialen Spalt zwischen den Magnetjochen 6A und 6B angeordnet und an eine Berechnungsschaltung 12 angeschlossen. Die Magnetismuserfassungsschaltungen der jeweiligen Magnetsensoren 7 sind zueinander gleich. Die Berechnungsschaltung 12 gibt ein Drehmomentsignal aus, nach der Bearbeitung die Ausgaben der drei Magnetsensoren 7 zu addieren, oder deren Durchschnitt zu bilden.

[0101] Da der Drehmomentsensor 1 gemäß der sechsten Ausführungsform drei Magnetsensoren 7 aufweist und die Ausgaben dieser durch Addier- oder Durchschnittbildungsberechnung verarbeitet werden, wird die Erfassungsgenauigkeit verglichen mit der des einzelnen Magnetsensors 7 merklich verbessert, dessen Erfassung der Magnetflussdichte durch die Position, an der der Magnetsensor 7 liegt, in hohem Maße beeinflusst wird.

[0102] Die Berechnungsschaltung 12 kann eine Komponente des Drehmomentsensors 1 sein oder nicht. Wenn die Berechnungsschaltung 12 keine Komponente des Drehmomentsensors 1 ist, übernimmt die ECU (nicht dargestellt) die Rolle der Berechnungsschaltung 12 und kann Addier- oder Durchschnittsbildungsprozesse basierend auf den Ausgaben der Magnetsensoren 7 zum Berechnen des Drehmoments durchführen.

#### Siebte Ausführungsform

[0103] Fig. 11 zeigt einen Graphen, der eine Beziehung zwischen einem Drehwinkel des Drehstabes 4 (ein Versatzwinkel des Magneten 5 zu den Magnetjochen 6) und der Magnetflussdichte zeigt, die zwischen den Magnetjochen 6 erzeugt wird. Der Drehwinkel des Drehstabes 4 ist als ein maximaler Drehwinkel des Drehstabs 4 in Bezug zu einer Polanzahl des Magneten 5 oder der Magnetjoch 6 gezeigt.

[0104] Wie in Fig. 11 gezeigt, kann das Drehmoment genau erfasst werden (empfindliche Zone), wenn folgende Formel (1) erfüllt ist.

$$\theta_{\max} \cdot n \leq 120 [\text{Grad}] \quad (1)$$

wobei  $\theta_{\max}$  ein maximaler Drehwinkel des Drehstabes 4 ist, und n eine Polanzahl des Magneten 5 oder der Magnetjoch 6 ist.

[0105] Vorzugsweise kann, wenn folgende Formel (2) erfüllt ist, das Drehmoment genauer erfasst werden, da der Wert der Magnetflussdichte in Bezug auf den maximalen Drehwinkel des Drehstabs 4 (lineare Zone) linearer verändert wird.

$$\theta_{\max} \cdot n \leq 60 [\text{Grad}] \quad (2)$$

#### Achte Ausführungsform

[0106] Ein Drehmomentsensor 1 gemäß einer achten Ausführungsform ist mit Bezug auf Fig. 12 beschrieben. Fig. 12 zeigt eine Querschnittsansicht des Drehmomentsensors 1.

[0107] Der Drehmomentsensor 1 gemäß der achten Ausführungsform weist einen Magneten 5 auf, dessen axiale Länge länger als die der Magnetjoch 6 ist, wie in Fig. 12 gezeigt.

[0108] Zum Beispiel neigt bei dem Drehmomentsensor 1, bei dem eine axiale Länge des Magneten 5 im Wesentlichen gleich oder kürzer als die der Magnetjoch 6 ist, ein radialer Spalt zwischen dem Magneten 5 und den Magnetjochen 6 dazu, mit Eisenspänen Q gefüllt zu werden, wenn diese in den Drehmomentsensor 1 von außerhalb eindringen, welche Kurzschluss des magnetischen Kreises und somit fehlerhafte Erfassung verursachen.

[0109] Aber in dem Fall, dass die gegenüberliegenden axialen Enden des Magneten 5 von den gegenüberliegenden axialen Enden der Magnetjoch 6 hervorstehen, wie in der achten Ausführungsform gezeigt, bleiben die Eisenspäne Q an den Kanten des Magneten 5 haften (da der Magnet 5 die Eigenschaft hat, dass der Magnetfluss an den Kanten davon konzentriert ist), was den magnetischen Kreis zum Erfassen des Drehmoments nicht nachteilig beeinflusst, so dass fehlerhafte Erfassung vermieden werden kann.

#### Neunte Ausführungsform

[0110] Fig. 14 zeigt eine Draufsicht eines Drehmomentsensors 1 gemäß einer neunten Ausführungsform. Fig. 15 zeigt eine Querschnittsansicht des Drehmomentsensors 1 gemäß der neunten Ausführungsform.

[0111] Der Drehmomentsensor 1 gemäß der neunten Ausführungsform weist eine magnetische Abschirmung 13 (magnetisches Material) auf, das im Wesentlichen den gesamten Abschnitt des magnetischen Kreises davon abdeckt.

[0112] Die magnetische Abschirmung 13 ist in zylindrischer Form ausgebildet, wie in Fig. 14 und 15 gezeigt. Die magnetische Abschirmung 13 dient dazu, Einflüsse von terrestrischem Magnetismus und magnetischen Feldern auszuschließen, die um den Drehmomentsensor 1 erzeugt werden, so dass fehlerhafte Erfassung vermieden wird.

[0113] Ferner kann, wie in Fig. 16 gezeigt, die magnetische Abschirmung 13 nur den Magnetsensor 7 abdecken, ohne den gesamten Abschnitt des magnetischen Kreises des Drehmomentsensors 1 abzudecken.

#### Zehnte Ausführungsform

[0114] Ein elektrisches Servolenkungssystem, das den

Drehmomentsensor der vorliegenden Erfindung gemäß einer zehnten Ausführungsform enthält, ist mit Fig. 17 beschrieben.

[0115] Das elektrische Servolenkungssystem gemäß der zehnten Ausführungsform besteht aus einem Elektromotor 15 zum Zuführen zusätzlicher Kraft zu einem Lenkgetriebe 14A, das die Ausgangswelle 3 und die Räder 14B verbindet, zum Unterstützen des Lenkungs Drehmoments, das auf eine Lenkung 14 durch einen Fahrer ausgeübt wird, dem Drehmomentsensor 1 zum Erfassen des Lenkungs Drehmoments, das auf die Lenkung 14 ausgeübt wird, und einer Steuerung zum Steuern des Stromes, der den Elektromotor 15 im Ansprechen auf den Wert des durch den Drehmomentsensor 1 erfassten Drehmoments versorgen soll. Der Aufbau des Drehmomentsensors 1 ist zum Beispiel der gleiche wie in der ersten Ausführungsform.

[0116] Da das elektrische Servolenkungssystem, das oben erwähnt wird, keine Spule zum Erfassen der Veränderung der Magnetfelder und keine Spule zum Kompensieren der Temperaturveränderung aufweist, welche in einem herkömmlichen elektrischen Servolenkungssystem vorgesehen sind, ist kein großes Gehäuse zum Unterbringen dieser Spulen notwendig.

[0117] Ferner gibt der Drehmomentsensor 1 bei weniger Energieverbrauch kein elektrisches Rauschen ab, da kein Wechselstrom an die Spule angelegt wird wie beim herkömmlichen Drehmomentsensor.

[0118] Der Magnetsensor 7 verwendet die integrierte Schaltung, die verursacht, dass der Drehmomentsensor 1 kompakt und günstig ist, da Hilfsschaltungen, wie zum Beispiel eine Verstärkungseinstellschaltung, eine Offseinstellschaltung und eine Temperaturkompensationsschaltung nicht notwendig sind, so dass der Drehmomentsensor aus einer kleineren Anzahl von Komponenten bestehen kann.

[0119] Da ferner die integrierte Schaltung keinen Schwingkreis benötigt, so dass kaum Rauschen abgegeben wird, verursacht die integrierte Schaltung kein Problem in Bezug auf Rauschen gegenüber den umliegenden elektrischen Vorrichtungen.

[0120] Da ferner keine elektrischen Komponenten außer der integrierten Schaltung notwendig sind, kann der Magnetsensor 7 mit weniger Leistung und bei einer relativ hohen Temperatur betrieben werden, welche die integrierte Schaltung für ihre Verwendung aushalten kann.

[0121] Da ferner die Verstärkungseinstellung, die Offseinstellung und die Temperaturkompensation, die in dem herkömmlichen Drehmomentsensor durch die ECU ausgeführt wurden, innerhalb der integrierten Schaltung durchgeführt werden können, ist die Qualitätssicherung für einen einzigen Körper möglich. Wenn der Drehmomentsensor 1 fehlerhaft ist, kann nur der fehlerhafte Drehmomentsensor 1 ausgetauscht werden, ohne andere Komponenten, wie zum Beispiel die ECU, zu berücksichtigen. Ferner ist es nicht notwendig, den Drehmomentsensor 1 zu initialisieren, wenn der Drehmomentsensor 1 in ein Drehmomentsensorsystem eingebaut wird, zum Beispiel in das elektrische Servolenkungssystem, was zu einer höheren Produktivität und niedrigeren Kosten führt.

#### Elfte Ausführungsform

[0122] Wie in Fig. 18 gezeigt, weist ein elektrisches Servolenkungssystem gemäß einer elften Ausführungsform eine Leiterplatte 17 auf, auf der sowohl die Steuerung 16 (siehe Fig. 17) und der Magnetsensor 7 für den Drehmomentsensor 1 eingebaut sind. Die Leiterplatte 17 ist zum Beispiel mit Schrauben an ein Gehäuse 18 befestigt, in dem der Drehmomentsensor 1 untergebracht ist.

[0123] In diesem Fall sind keine Kabelbäume und Verbindungsstücke zum Verbinden des Drehmomentsensors 1 und der Steuerung 16 notwendig, was aufgrund der nicht vorhandenen elektrischen Kontakten zu Kostenersparnis und höhere Zuverlässigkeit führt.

#### Zwölfte Ausführungsform

[0124] Wie in Fig. 19 gezeigt, ist in einem elektrischen Servolenkungssystem gemäß einer zwölften Ausführungsform der Magnetsensor 7 an ein Verbindungsstück oder auch Stecker 21 eines Kabelbaums 20 befestigt zum Verbinden des Drehmomentsensors 1 und der Steuerung 16.

[0125] In diesem Fall ist die Montage des Magnetsensors 7 einfacher, wenn das Verbindungsstück 21 mit dem Magnetsensor 7 einfach in ein Gehäuse 18 des Drehmomentsensors 1 eingefügt wird.

#### Dreizehnte Ausführungsform

[0126] In einem elektrischen Servolenkungssystem gemäß einer dreizehnten Ausführungsform kann ein Abtastabschnitt 5 des Drehmomentsensors 1 zu einem späteren Zeitpunkt zusammengebaut werden. Der Abtastabschnitt S besteht aus einem ringförmigen Magneten 5, einem Paar ringförmiger Magnetjoch 6 (6A, 6B) und einem Magnetsensor 7.

[0127] Wie in Fig. 20 gezeigt, sind eine Eingangswelle 3, ein Drehstab 4 und eine Ausgangswelle 3 axial aneinander ausgerichtet. Der Abtastabschnitt S ist axial parallel zum Drehstab 4 positioniert. Die Eingangswelle 2 ist über ein erstes Drehmomentübertragungsbauteil mit dem Magneten 5 verbunden, das aus einem Zahnrad 22 besteht, das coaxial an die Eingangswelle 2 angebracht ist und einem Zahnrad 23, das coaxial an den Magneten 5 angebracht ist. Die Zahnräder 22 und 23 stehen miteinander im Eingriff, so dass die Rotation der Eingangswelle 22 an den Magneten 5 übertragen wird. Die Ausgangswelle 3 ist mit den Magnetjochen 6 über ein zweites Drehmomentübertragungsbauteil verbunden, das aus einem Zahnrad 24 besteht, das coaxial an die Ausgangswelle 3 angebracht ist und einem Zahnrad 25, das coaxial an die Magnetjoch 6 angebracht ist. Die Zahnräder 24 und 25 stehen miteinander im Eingriff, so dass die Rotation der Ausgangswelle 3 auf die Magnetjoch 6 übertragen wird.

[0128] Mit oben erwähntem Aufbau kann der Abtastabschnitt S separat zusammengebaut werden, nachdem die Eingangswelle 2 mit dem Zahnrad 22, der Drehstab 4, die Ausgangswelle 3 mit dem Zahnrad 25, der Elektromotor 15 (siehe Fig. 17) und das Lenkgetriebe 14A (siehe Fig. 17) zuvor zusammengebaut wurden. Dementsprechend ist es einfacher, den Abtastabschnitt S in das elektrische Servolenkungssystem einzubauen. Ferner kann der Abtastabschnitt S als einzelner Körper ersetzt werden, was Wartungsarbeiten erleichtert.

#### Vierzehnte Ausführungsform

[0129] Wie in Fig. 21 gezeigt, weist ein elektrisches Servolenkungssystem gemäß einer vierzehnten Ausführungsform eine magnetische Abschirmung 26 auf, die den Drehmomentsensor 1 umgibt. Die magnetische Abschirmung 26 bedeckt den gesamten äußeren Umfang eines Säulengehäuses 27 (zum Beispiel aus Aluminium), in dem der Drehmomentsensor 1 untergebracht ist.

[0130] Der Drehmomentsensor 1, der in dem elektrischen Servolenkungssystem benutzt werden soll, neigt dazu, das Drehmoment fehlerhaft zu erfassen, wenn er von äußeren



magnetischen Feldern beeinflusst wird, die zum Beispiel durch im Fahrzeug befindliche Lautsprecher erzeugt werden (die magnetische Bauteile enthalten). Dementsprechend verhindert eine magnetische Abschirmung um den äußeren Umfang des Drehmomentsensors 1, dass der Drehmoment- 5 sensor 1 aufgrund der äußeren magnetischen Felder fehlerhaft erfasst.

[0131] Wie in Fig. 22 gezeigt, kann anstatt des magnetischen Abschirmens des gesamten äußeren Umfangs des Säulengehäuses 27 nur ein Abschnitt des Säulengehäuses 27 10 magnetisch abgeschirmt werden, in dem der Magnetsensor 7 liegt.

[0132] In den oben erwähnten Ausführungsformen kann, anstatt dass der Magnet 5 mit der ersten Welle 2 oder dem Drehstab 4 auf der Seite der ersten Welle 2 verbunden ist 15 und das Magnetjoch 6 mit der zweiten Welle 3 oder dem Drehstab 4 auf der Seite der zweiten Welle 3 verbunden ist, der Magnet 5 mit der zweiten Welle 3 oder dem Drehstab 4 auf der Seite der zweiten Welle 3 verbunden sein, und die Magnetjoch 6 können mit der ersten Welle 2 oder dem 20 Drehstab 4 auf der Seite der ersten Welle 2 verbunden werden.

[0133] Ferner können, um den Magneten 5 und die Magnetjoch 6 in dem Drehmomentsensor 1 zusammenzubauen, nachdem der Magnet 5 zuerst an den Drehstab 4 oder 25 entweder die Eingangs- oder Ausgangswellen 2 und 3 befestigt wird, die Magnetjoch 6 den Magneten 5 abdecken, um eine Magnetjochruheposition zu definieren, und dann können die Magnetjoch 6 an den Drehstab 4 oder die andere Eingangs- oder Ausgangswelle 2 oder 3 befestigt werden, 30 um die Magnetjochposition zu halten.

[0134] Zusammenfassend kann die vorliegende Erfindung wie folgt definiert werden. Ein Drehmomentsensor (1) weist auf:

Einen Drehstab (4), der an den Eingangs- und Ausgangswellen (2, 3) coaxial ausgerichtet ist, einen ringförmigen Magneten (5), der an einem axialen Ende der Eingangswelle befestigt ist, ein Paar Magnetjoch (6), die an ein axiales Ende der Ausgangswelle befestigt sind, und einen Magnetsensor (7) zum Erfassen der magnetischen Flussdichte, die 40 zwischen dem Paar von Magnetjochen erzeugt wird. Jedes der Magnetjoch ist mit Klauen (6a) ausgestattet, die mit konstanten Abständen dazwischen in Umfangsrichtung angeordnet sind, und deren Anzahl gleich je der N- oder S-Pole ist, die abwechselnd in Umfangsrichtung in dem Ma- 45 gneten angeordnet sind. Jede Mittellinie der Klauen fällt mit einer Grenze zwischen unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten zusammen, wenn der Drehstab nicht gedreht ist. Der Magnetsensor ist in einen axialen Spalt zwischen dem Paar von Magnetjochen eingefügt, ohne die Ma- 50 gnetjoch zu berühren.

#### Patentansprüche

1. Ein Drehmomentsensor zum Erfassen von Torsionsdrehmoment, das auf eine erste Welle (2 oder 3) und eine zweite Welle (3 oder 2) ausgeübt wird, mit: einem elastischen Bauteil (4), das zwischen und befestigt an der ersten und zweiten Wellen angeordnet ist, so dass die erste Welle, das elastische Bauteil und die 60 zweite Welle coaxial aneinander ausgerichtet sind, wobei das elastische Bauteil elastisch gedreht wird, wenn Torsionsdrehmoment auf die erste Welle und die zweite Welle ausgeübt wird; einem ferromagnetischen Bauteil (5), das mit einer ge- 65 gegebenen Position der ersten Welle oder einer gegebenen Position des elastischen Bauteils auf der Seite der ersten Welle und zusammen damit drehbar verbunden

ist, wobei das ferromagnetische Bauteil ein magnetisches Feld erzeugt;

einem weichmagnetischen Bauteil (6), das mit einer gegebenen Position der zweiten Welle oder einer anderen gegebenen Position des elastischen Bauteils auf der Seite der zweiten Welle und zusammen damit drehbar verbunden ist, wobei das weichmagnetische Bauteil innerhalb des Magnetfeldes liegt und einen magnetischen Kreis ausbildet, so dass die Magnetflussdichte, die in dem magnetischen Kreis erzeugt wird, verändert wird, wenn der Rotationsversatz des weichmagnetischen Bauteils relativ zu dem ferromagnetischen Bauteil entsprechend der Drehung des elastischen Bauteils verändert wird; und

einem Magnetsensor (7), der in einer Umgebung von und ohne Kontakt mit dem weichmagnetischen Bauteil liegt zum Erfassen der in dem magnetischen Kreis erzeugten Magnetflussdichte.

2. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch:

ein weichmagnetisches Hilfsbauteil (10), das einen Magnetflusssammelabschnitt (10a) aufweist, wobei das weichmagnetische Hilfsbauteil in einer Umgebung des weichmagnetischen Bauteils liegt zum Zuführen von Magnetfluss von dem weichmagnetischen Bauteil, und Konzentrieren desselben auf den Magnetflusssammelabschnitt, wobei der Magnetsensor die in dem magnetischen Kreis erzeugte Magnetflussdichte durch den Magnetflusssammelabschnitt erfasst.

3. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

das ferromagnetische Bauteil ein ringförmiger Magnet (5) ist, der N- und S-Pole aufweist, die abwechselnd in Umfangsrichtung angeordnet sind,

das weichmagnetische Bauteil ein Paar ringförmiger Magnetjoch (6A, 6B) ist, die um einen äußeren Umfang des Magneten und axial einander gegenüberliegend mit einem axialen Spalt dazwischen angeordnet sind, wobei jedes der Magnetjoch Klauen (6a) aufweist, die mit konstanten Abständen dazwischen radial angeordnet sind, und deren Anzahl gleich je der N- oder S-Pole ist, und die Klauen eines der Magnetjoch axial in Richtung des anderen Magnetjoches hervorste- 50 hen, und so liegen, dass sie sich in Umfangsrichtung mit denen des anderen Magnetjoches abwechseln, und der Magnetsensor in dem axialen Spalt zwischen jedem Paar von Magnetjochen liegt.

4. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

das ferromagnetische Bauteil ein ringförmiger Magnet (5) ist, der N- und S-Pole aufweist, die abwechselnd in Umfangsrichtung angeordnet sind,

das weichmagnetische Bauteil ein Paar ringförmiger Magnetjoch (6A, 6B) ist, die um einen äußeren Umfang des Magneten angeordnet sind, und einander mit einem axialen Spalt dazwischen gegenüberliegen, wobei jedes der Magnetjoch Klauen (6a) aufweist, die radial mit konstanten Abständen dazwischen angeordnet sind, und deren Anzahl gleich der Anzahl jeder 1% oder S-Pole ist, und die Klauen jedes der Magnetjoch axial in Richtung des anderen Magnetjoches hervorste- 55 hen und so angeordnet sind, dass sie sich mit denen des anderen Magnetjoches in Umfangsrichtung abwechseln,

das weichmagnetische Hilfsbauteil ein Paar ringförmiger Hilfsmagnetjoch (10A, 10B) ist, die je den Magnetflusssammelabschnitt aufweisen, wobei ein Hilfsmagnetjoch um einen äußeren Umfang eines Magnet-

joches liegt und das andere Hilfsmagnetjoch um einen äußeren Umfang des anderen Magnetjoches liegt, so dass die Magnetflusssammelabschnitte des Paares von Hilfsmagnetjochen sich einander axial, mit einem axialen Spalt dazwischen gegenüberstehen, und der Magnetsensor in der axialen Lücke zwischen den Magnetflusssammelabschnitten liegt.

5. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Länge des axialen Spalts zwischen den beiden Magnetflusssammelabschnitten kürzer als die zwischen beiden Abschnitten des Paares von Hilfsmagnetjochen ist mit Ausnahme der Magnetflusssammelabschnitte.

6. Der Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 3 bis 5, ferner gekennzeichnet durch: ein erstes Rotationsübertragungsbauteil (22, 23), durch das der Magnet mit der gegebenen Position der ersten Welle oder der gegebenen Position des elastischen Bauteils auf der Seite der ersten Welle verbunden ist; und

ein zweites Rotationsübertragungsbauteil (24, 25), durch das das weichmagnetische Bauteil mit der anderen gegebenen Position der zweiten Welle oder der gegebenen Position des elastischen Bauteils auf der Seite der zweiten Welle verbunden ist, wobei der Magnet und das Paar Magnetjoch axial parallel zu dem elastischen Bauteil liegen.

7. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass

das erste Rotationsübertragungsbauteil ein erstes Zahnrad (22), das an die erste Welle befestigt ist, und ein zweites Zahnrad (23), das an dem Magneten befestigt ist, ist, wobei das erste und das zweite Zahnrad miteinander im Eingriff stehen, und das zweite Rotationsübertragungsbauteil ein drittes Zahnrad (24), das an der zweiten Welle befestigt ist, und ein viertes Zahnrad (25), das an die Magnetjoch befestigt ist, ist, wobei das dritte und vierte Zahnrad miteinander im Eingriff stehen.

8. Der Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass jede axiale Mittellinie der Klauen beider Magnetjoch so liegt, dass sie im Wesentlichen mit einer Grenze zwischen unmittelbar benachbarten N- und S-Polen des Magneten zusammenfällt, wenn ein Drehwinkel des elastischen Bauteils einen Referenzwert zeigt.

9. Der Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnetsensor aus zwei Sensoren (7) besteht, die voneinander getrennt liegen, und deren Magnetismuserfassungsrichtungen einander entgegengesetzt sind.

10. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Sensoren mit Bezug auf eine Achse des weichmagnetischen Bauteils symmetrisch liegen.

11. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 1, 3 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnetsensor aus mehr als zwei Sensoren (7) besteht, die mit konstanten Abständen in Umfangsrichtung angeordnet sind, und deren Magnetismuserfassungsrichtungen gleich sind.

12. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Hilfsmagnetjoch ein Paar Sammelabschnitte (10a) aufweist, die in Umfangsrichtung mit 180°-Abständen beabstandet sind, wobei das Paar Sammelabschnitte eines Hilfsmagnetjoches jeweils axial mit dem Paar Sammelabschnitten des anderen davon ausgerichtet ist, und der Magnetsensor zwei Sensoren (7) aufweist, die jeweils

zwischen den Sammelabschnitten der Hilfsmagnetjoch liegen, die axial aneinander ausgerichtet sind und deren Magnetismuserfassungsrichtungen einander entgegengesetzt sind.

13. Der Drehmomentsensor nach Anspruch 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Hilfsmagnetjoch mehrere Sammelabschnitte (10a) aufweist, die in Umfangsrichtung mit konstanten Abständen angeordnet sind, und die Vielzahl von Sammelabschnitten des einen Hilfsmagnetjoches jeweils axial mit der Vielzahl von Sammelabschnitten des anderen davon ausgerichtet sind, und der Magnetsensor mehrere Sensoren (7) aufweist, die je zwischen den Sammelabschnitten der Hilfsmagnetjoch liegen, die axial aneinander ausgerichtet sind, und deren Magnetismuserfassungsrichtungen gleich sind.

14. Der Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Formel erfüllt ist:

$$\theta_{\max} \cdot n \leq 120 \text{ [Grad]},$$

wobei  $\theta_{\max}$  ein maximaler Drehwinkel des elastischen Bauteils ist, und n eine Polanzahl des Magneten und der Magnetjoch ist.

15. Der Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Formel erfüllt ist:

$$\theta_{\max} \cdot n \leq 60 \text{ [Grad]},$$

wobei  $\theta_{\max}$  ein maximaler Drehwinkel des elastischen Bauteils ist, und n eine Polanzahl des Magneten und der Magnetjoch ist.

16. Der Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, ferner gekennzeichnet durch:

eine magnetische Abschirmung (13), die mindestens den äußeren Umfang des Magnetsensors abdeckt.

17. Der Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 3 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Länge des Magneten länger als die des Magnetjoches ist.

18. Ein elektrisches Servolenkungssystem zum Lenken eines Fahrzeugs (14B), das den Drehmomentsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 17 enthält, gekennzeichnet durch:

ein Lenkrad (14), auf das Lenkdrehmoment ausgeübt wird, wobei ein Ende des Lenkrades mit entweder der ersten oder zweiten Welle verbunden ist;

ein Lenkgetriebe (14A), dessen ein Ende mit dem Rad verbunden ist und dessen anderes Ende mit dem anderen der ersten und zweiten Welle verbunden ist;

einen Elektromotor (15), der mit dem Lenkgetriebe und mit dem Magnetsensor des Drehmomentsensors verbunden ist; und

eine Steuerschaltung (16) zum Erzeugen von Steuerstrom, mit dem der Elektromotor im Ansprechen auf eine erfasste Ausgabe des Magnetsensors versorgt wird,

wobei der Elektromotor eine Antriebskraft an das Lenkgetriebe im Ansprechen auf den Steuerstrom gibt zum Unterstützen des Lenkdrehmoments, das auf die Lenkung ausgeübt wird.

19. Das elektrische Servolenkungssystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnetsensor eine integrierte Schaltung ist.

20. Das elektrische Servolenkungssystem nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung eine Leiterplatte (17) aufweist, auf der auch der Magnetsensor angebracht ist.

21. Das elektrische Servolenkungssystem nach Anspruch 18 oder 19, ferner gekennzeichnet durch:

ein Verbindungsstück (21) eines Kabelbaums (20), das die Steuerschaltung und den Drehmomentsensor verbindet, wobei der Magnetsensor auf dem Verbindungsstück befestigt ist.

22. Das elektrische Servolenkungssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 21, ferner gekennzeichnet durch: ein Säulengehäuse (18), in dem der Drehmomentsensor untergebracht ist; und

eine magnetische Abschirmung (13), die mindestens einen äußeren Umfang des Säulengehäuses abdeckt, in dem der Magnetsensor liegt.

23. Das elektrische Servolenkungssystem nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetische Abschirmung nur einen Teil des äußeren Umfangs in einer Umgebung des Magnetsensors abdeckt.

24. Ein Verfahren des Zusammenbaus eines Drehmomentsensors nach einem der Ansprüche 1 bis 23, gekennzeichnet durch die Schritte:

Befestigen des weichmagnetischen Bauteils an die zweite Welle oder das elastische Bauteil auf der Seite der zweiten Welle;

versuchsweises Zusammenbauen des ferromagnetischen Bauteils mit dem weichmagnetischen Bauteil, um eine freie Rotation relativ zu der ersten Welle oder dem elastischen Bauteil auf der Seite der ersten Welle zu ermöglichen;

Definieren einer Ruheposition, in der das ferromagnetische Bauteil relativ zu dem weichmagnetischen Bauteil aufgrund der magnetischen Anziehungskraft ruht, die zwischen dem ferromagnetischen Bauteil und dem weichmagnetischen Bauteil erzeugt wird; und

Befestigen des ferromagnetischen Bauteils an der ersten Welle oder dem elastischen Bauteil auf der Seite der ersten Welle.

25. Ein Verfahren des Zusammenbaus eines Drehmomentsensors nach einem der Ansprüche 1 bis 23, gekennzeichnet durch die Schritte:

Befestigen des ferromagnetischen Bauteils an die erste Welle oder das elastische Bauteile auf einer Seite der ersten Welle;

versuchsweises Zusammenbauen des weichmagnetischen Bauteils mit dem ferromagnetischen Bauteil, um eine freie Rotation relativ zu der zweiten Welle oder dem elastischen Bauteil auf der Seite der zweiten Welle zu ermöglichen;

Definieren einer Ruheposition, in der das weichmagnetische Bauteil relativ zu dem ferromagnetischen Bauteil aufgrund der magnetischen Anziehungskraft ruht, die zwischen dem ferromagnetischen Bauteil und dem weichmagnetischen Bauteil erzeugt wird; und

Befestigen des weichmagnetischen Bauteils an der zweiten Welle oder dem elastischen Bauteil auf der Seite der zweiten Welle.

---

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

FIG. 1

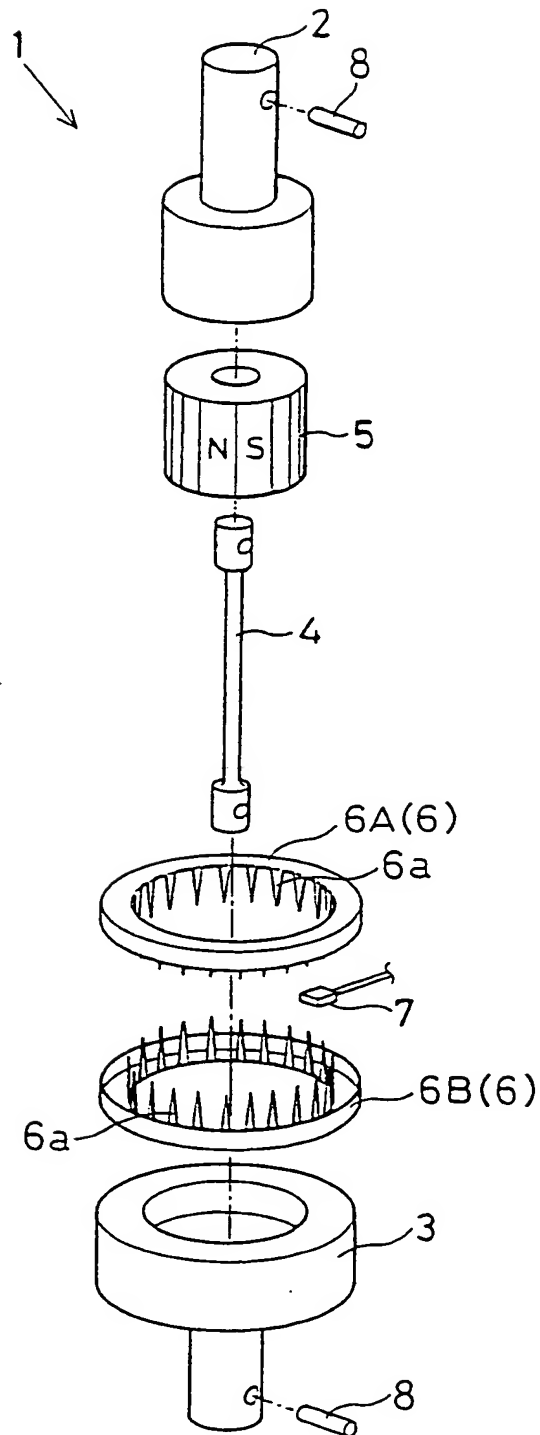


FIG. 2A

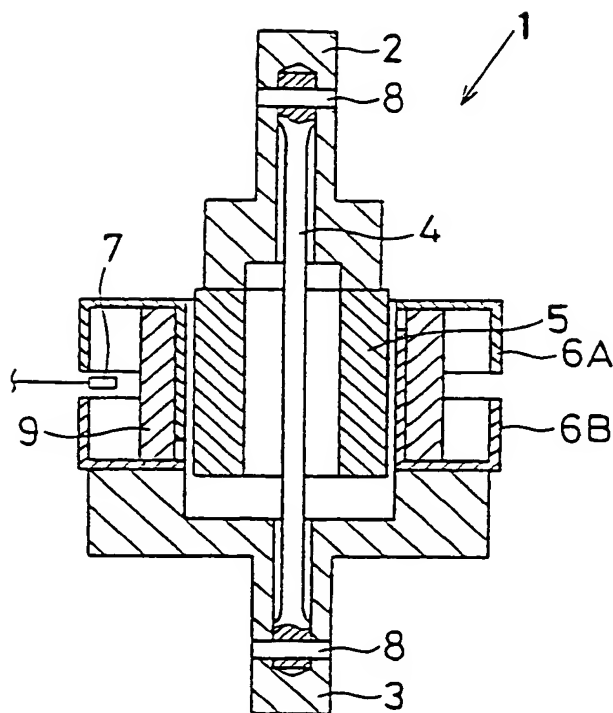


FIG. 2B

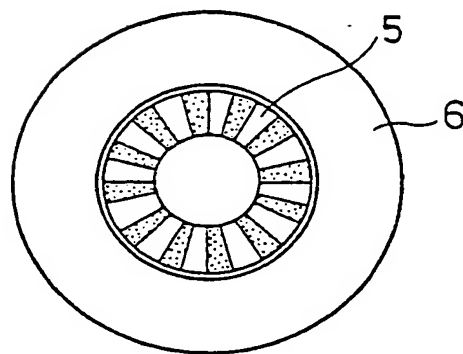


FIG. 2C

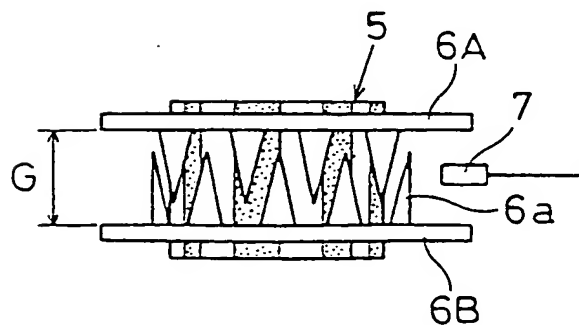




FIG. 3B

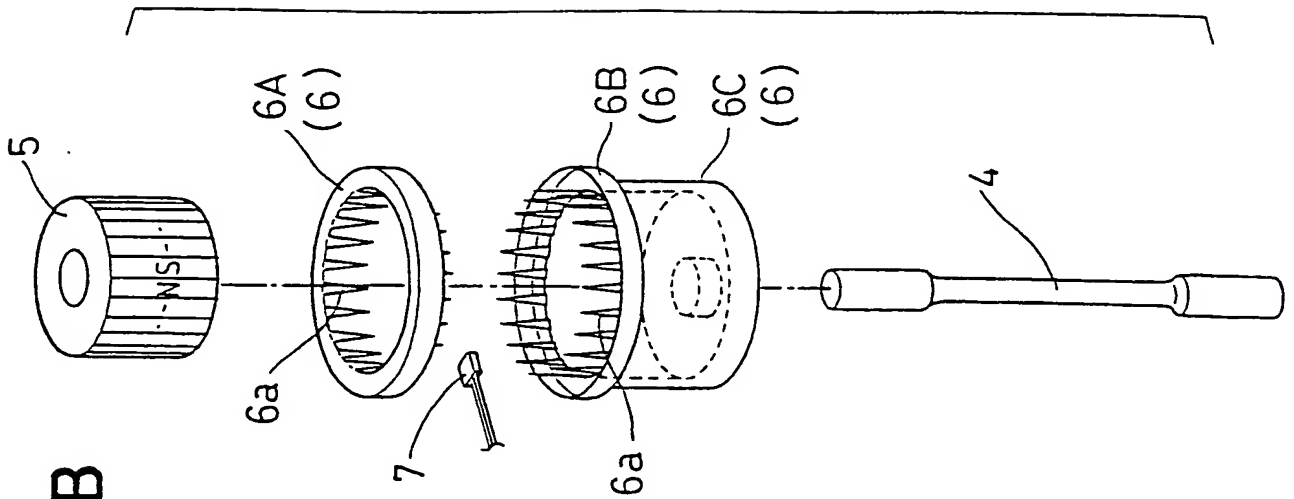


FIG. 3A

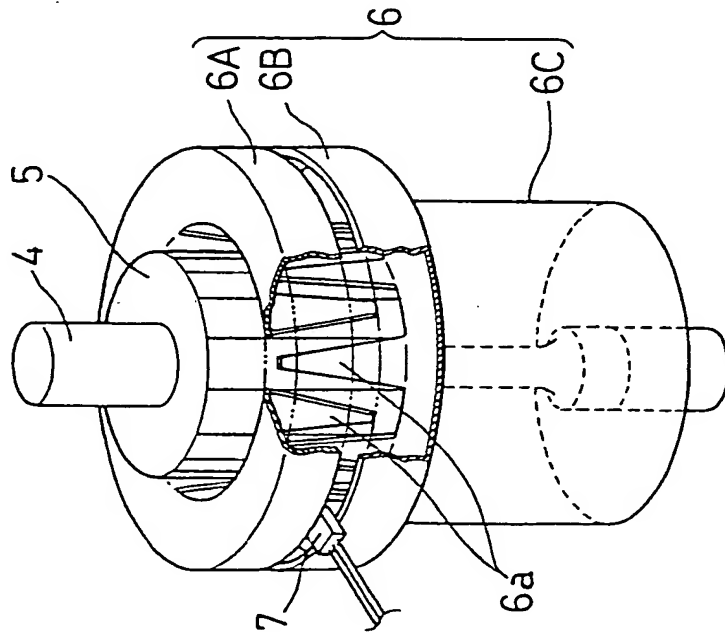


FIG. 4A

FIG. 4B

FIG. 4C

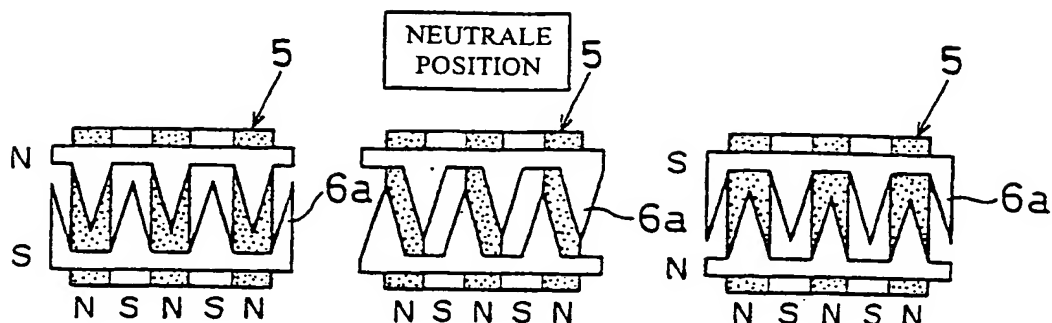


FIG. 4D

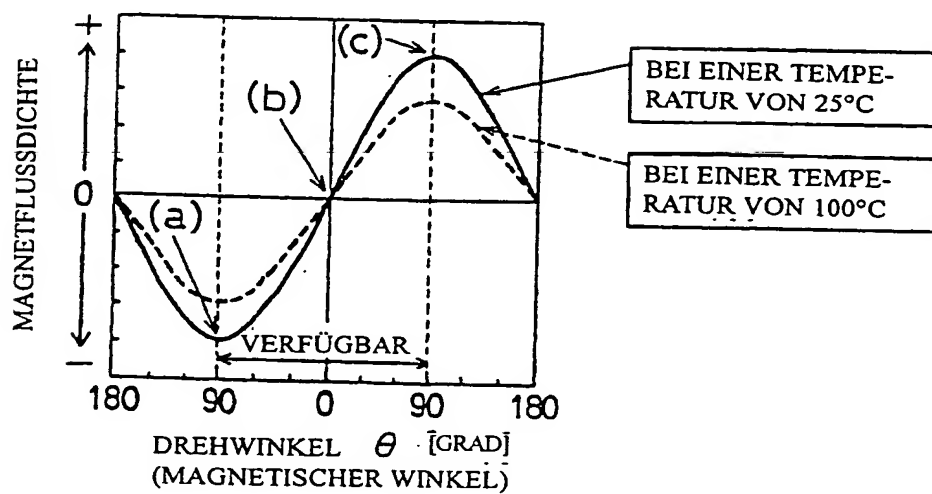


FIG. 5

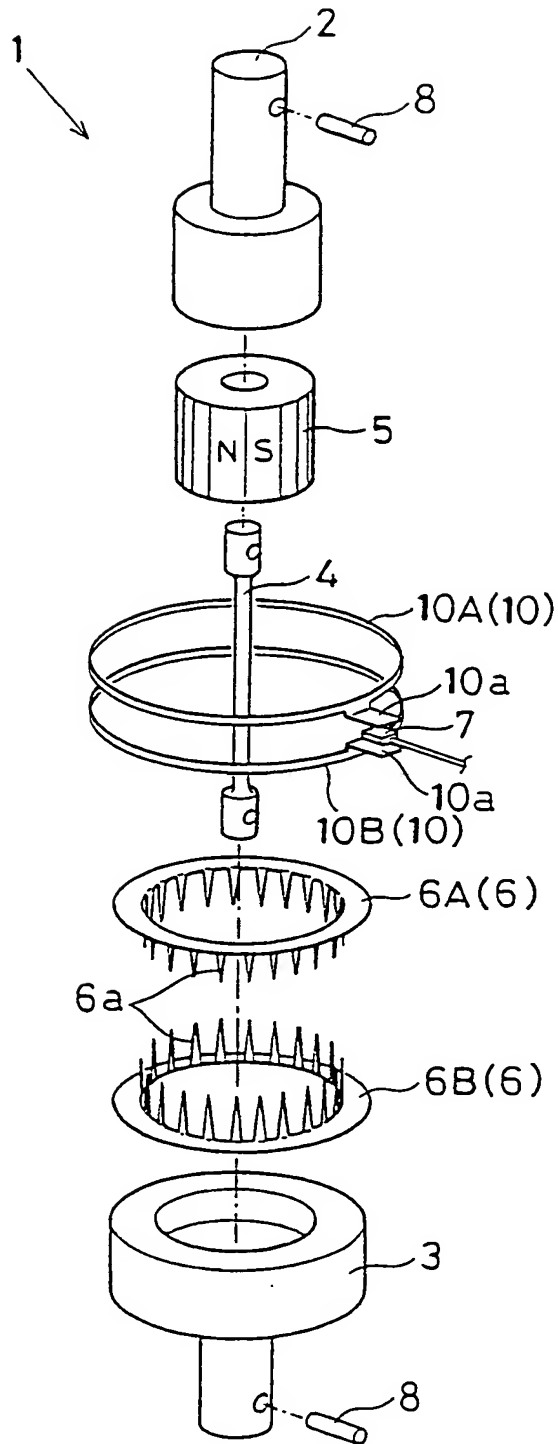


FIG. 6

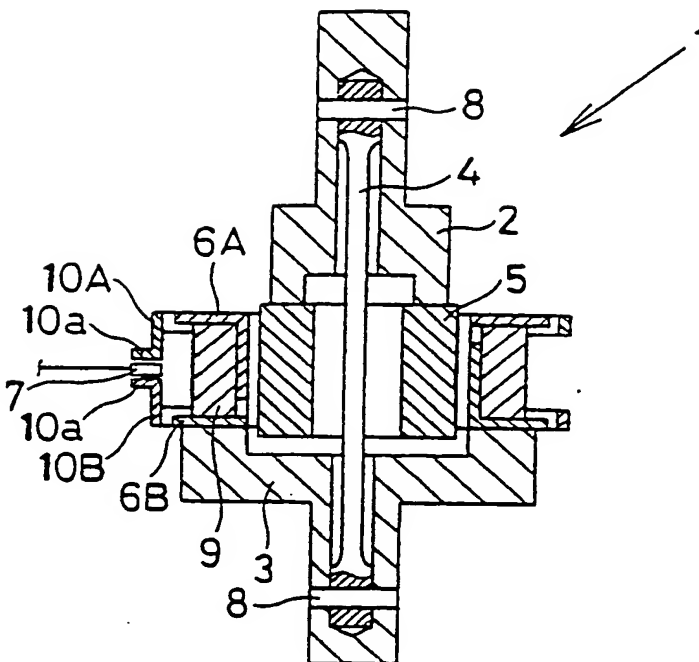


FIG. 7

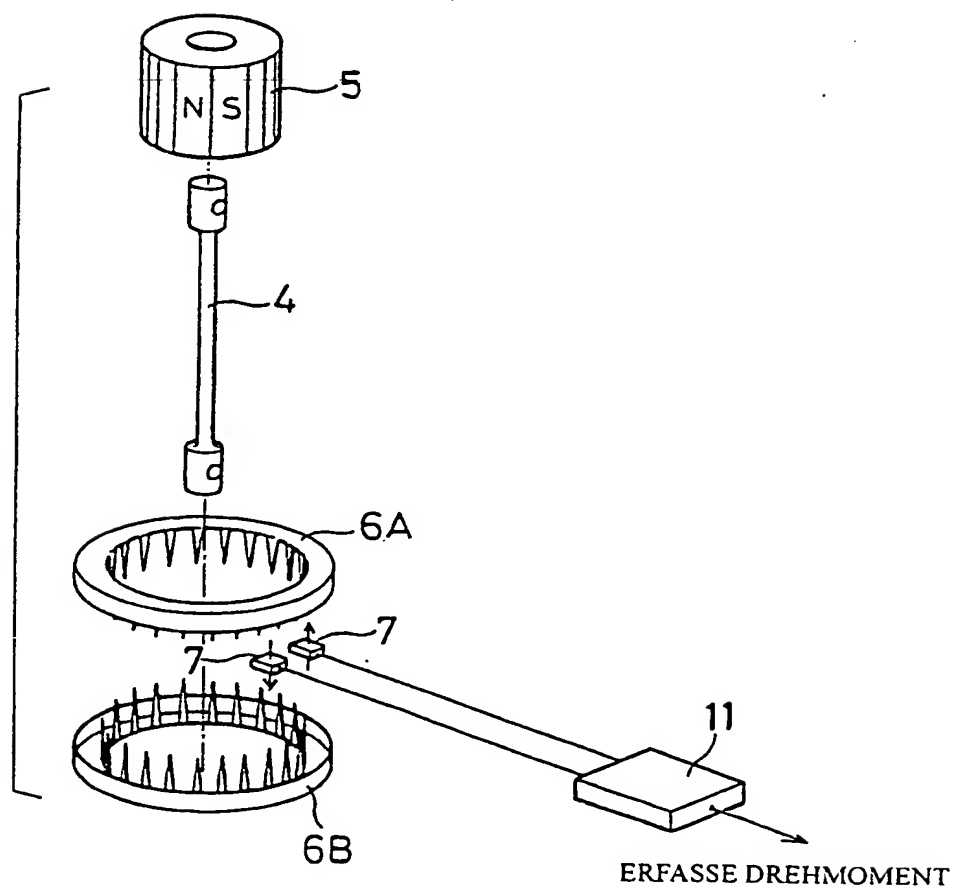
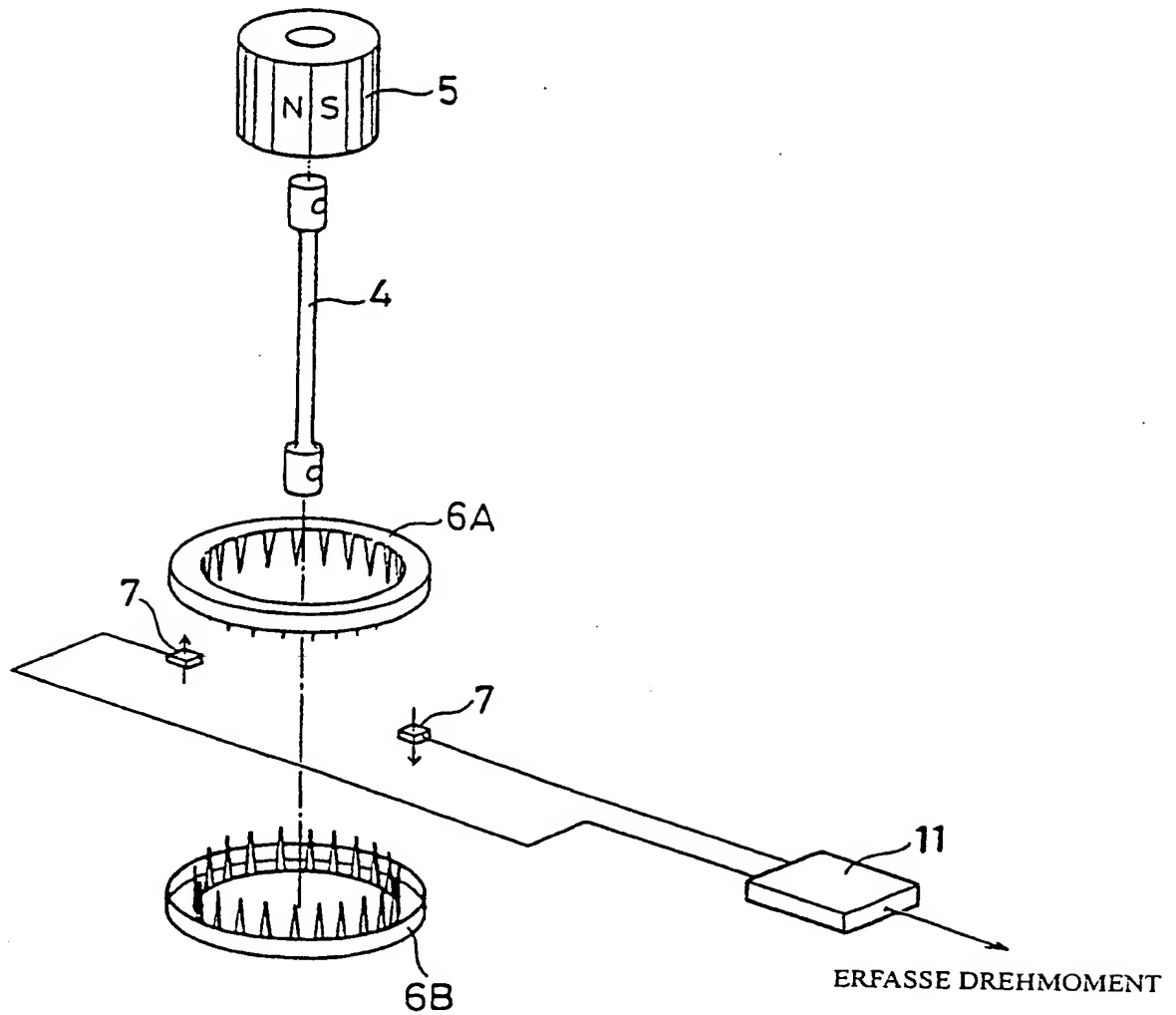
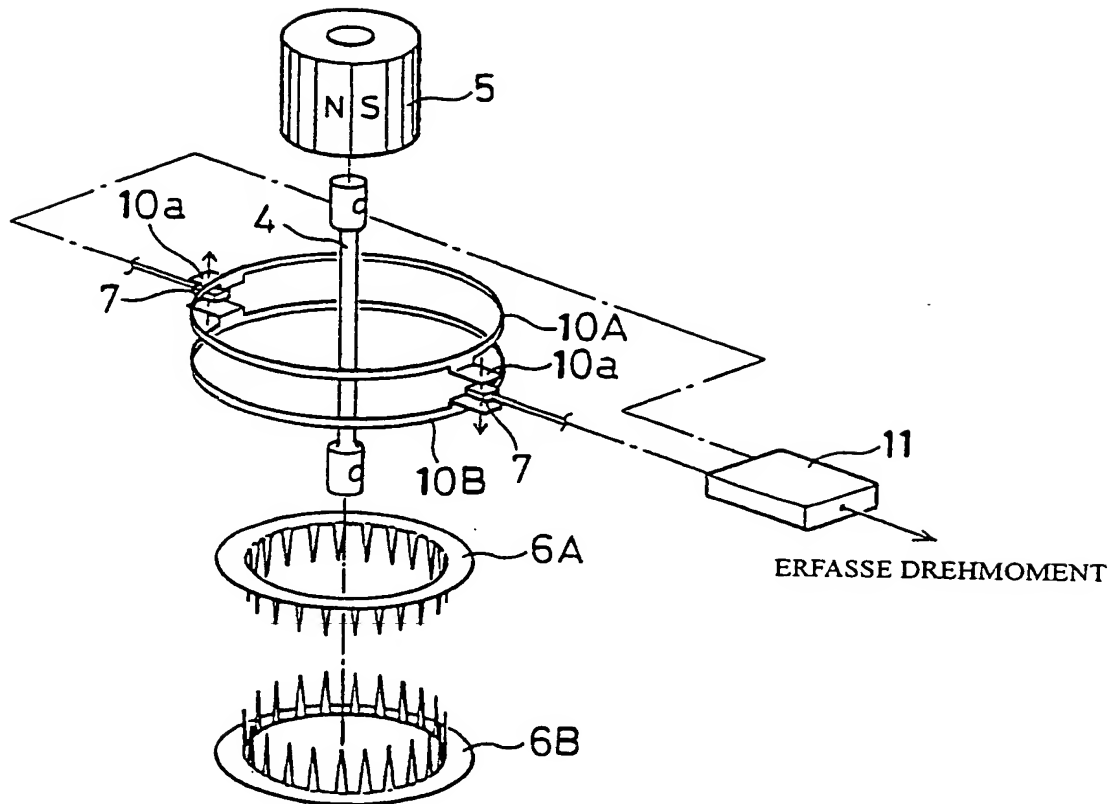


FIG. 8





**FIG. 9**



**FIG. 10**

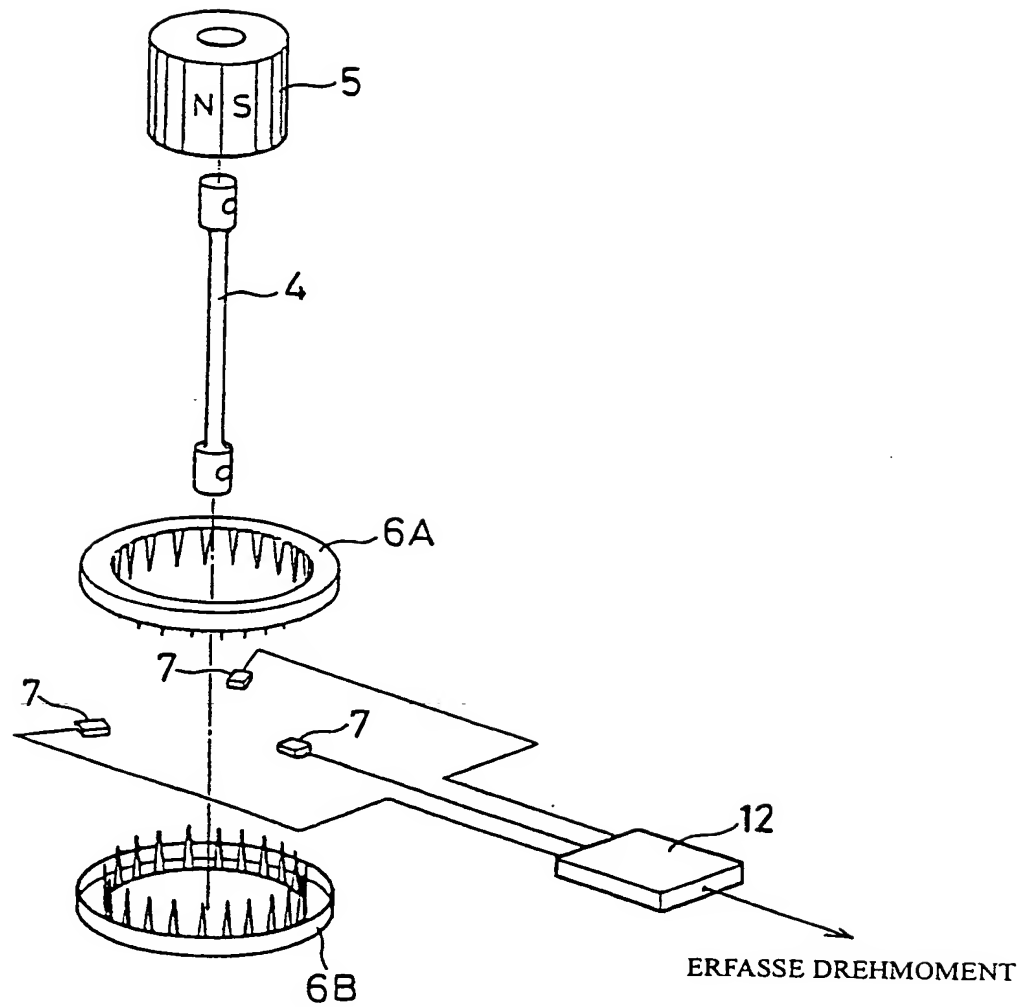


FIG. 11

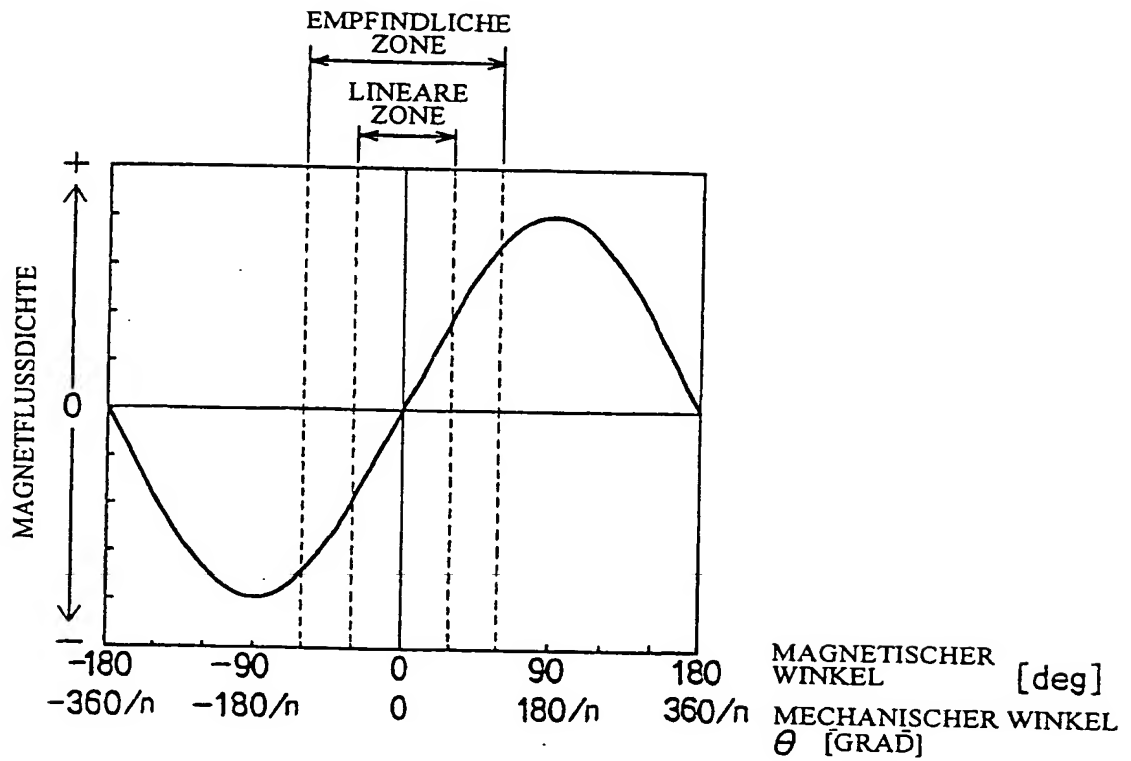


FIG. 12

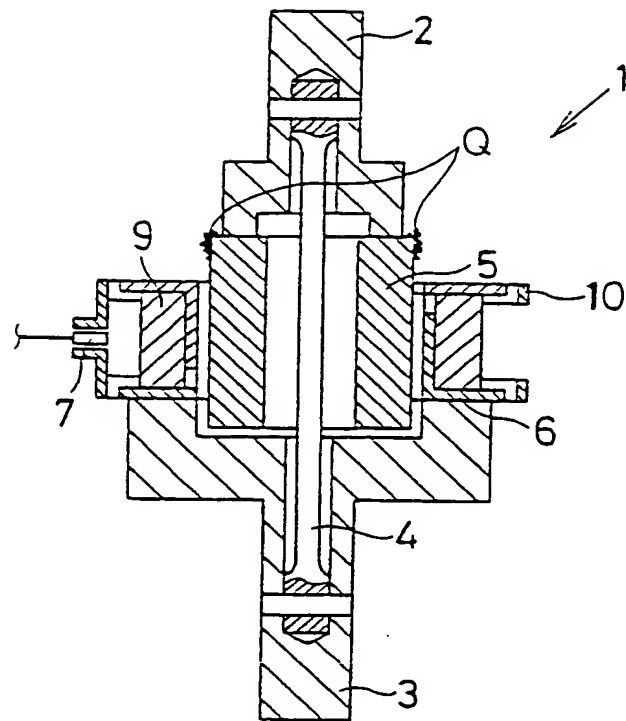


FIG. 13

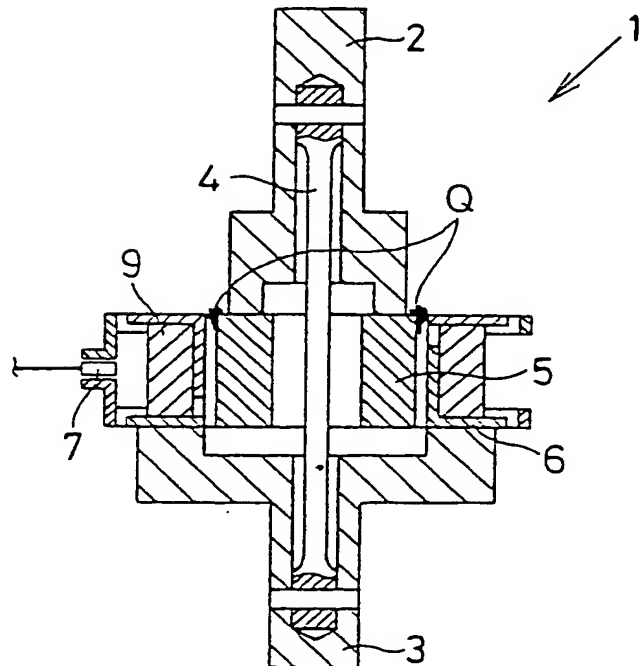


FIG. 14

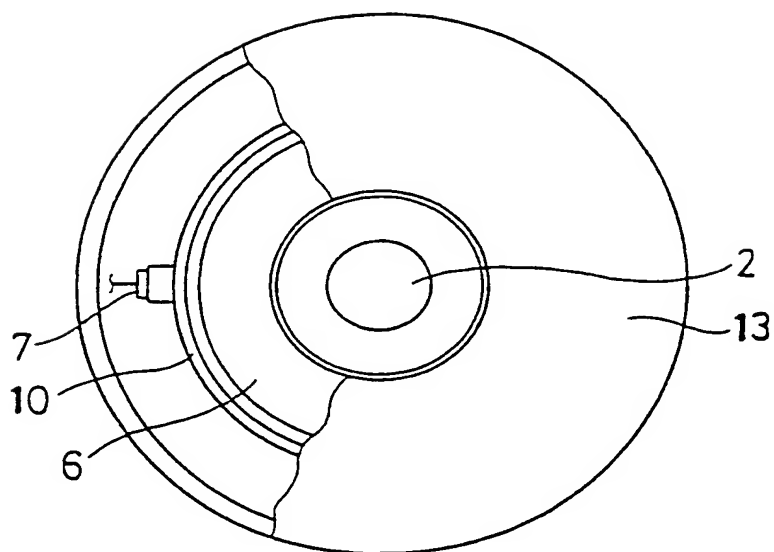


FIG. 15

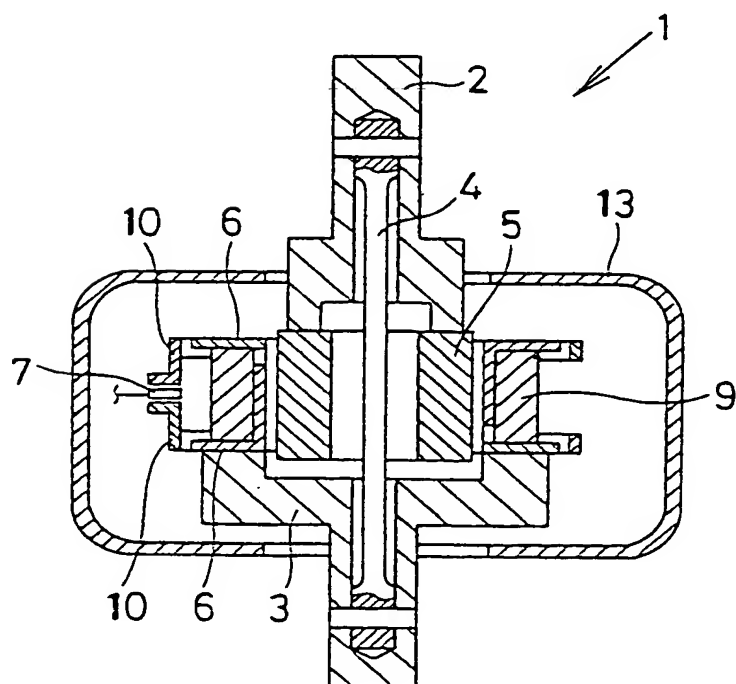




FIG. 16

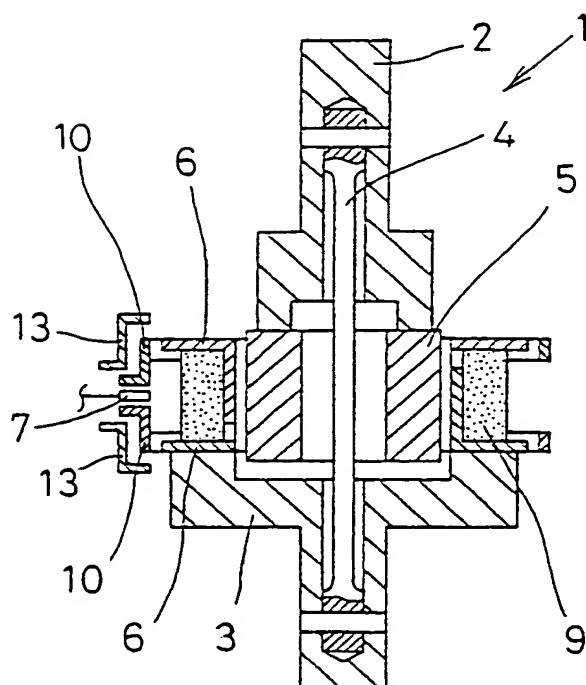


FIG. 17

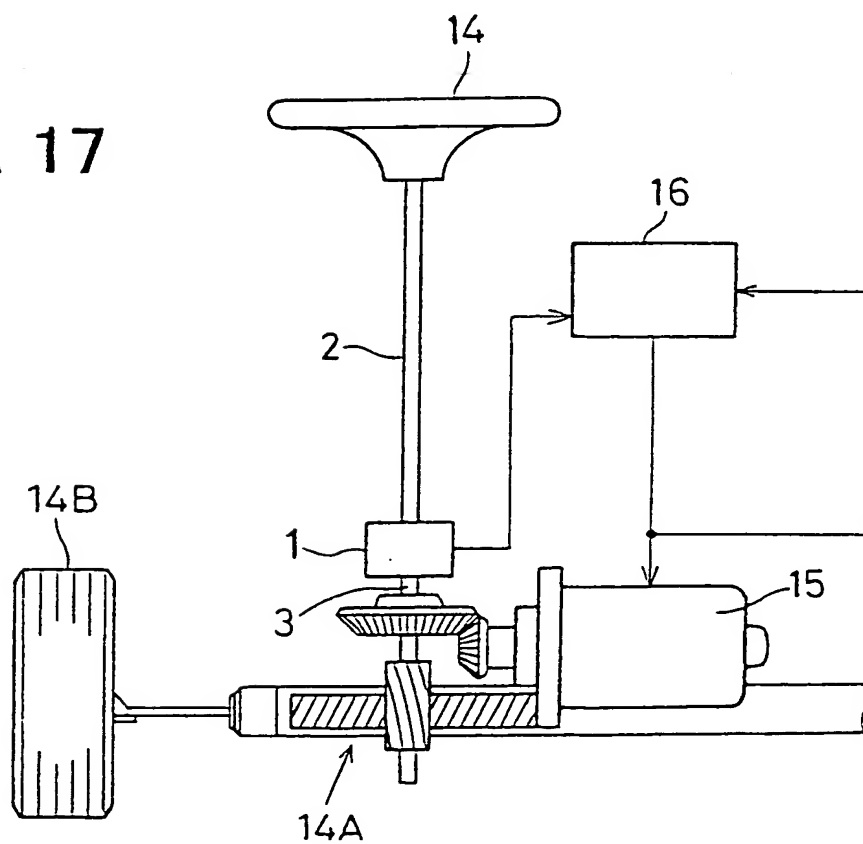


FIG. 19

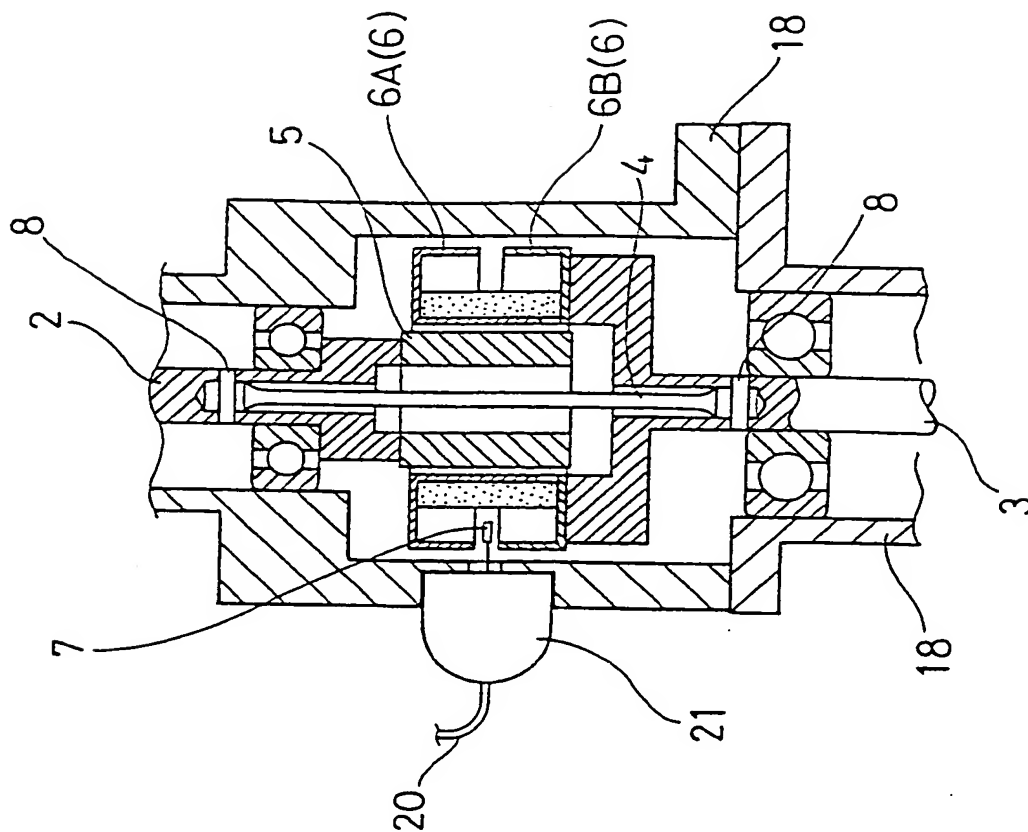


FIG. 18

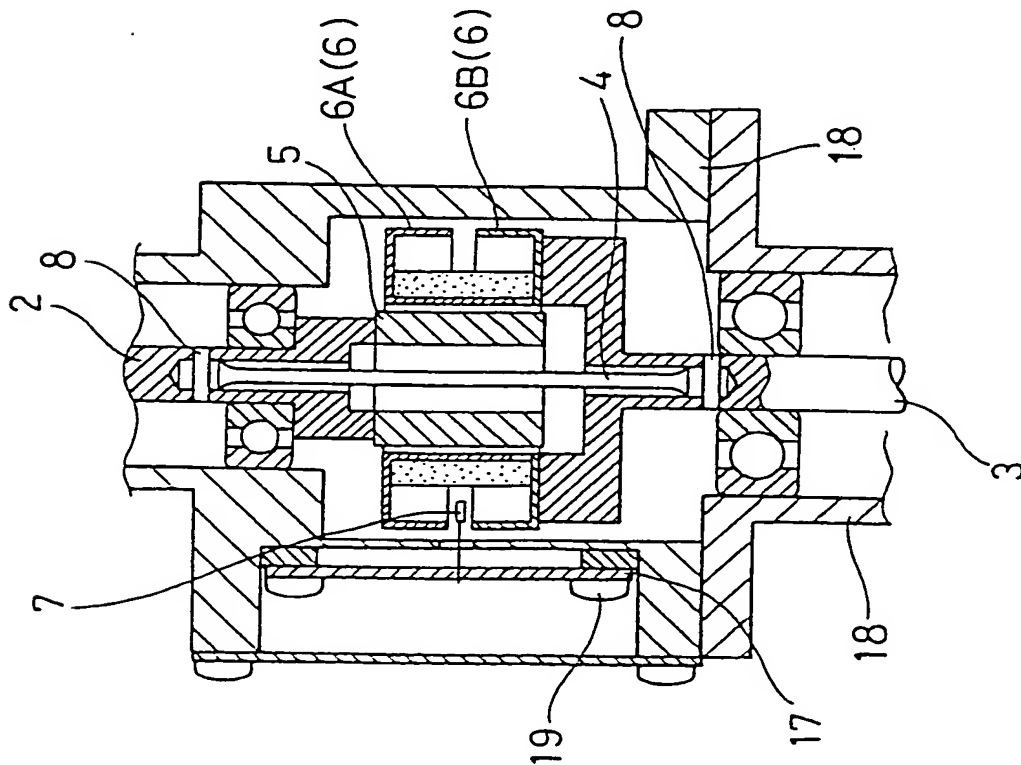


FIG. 20A

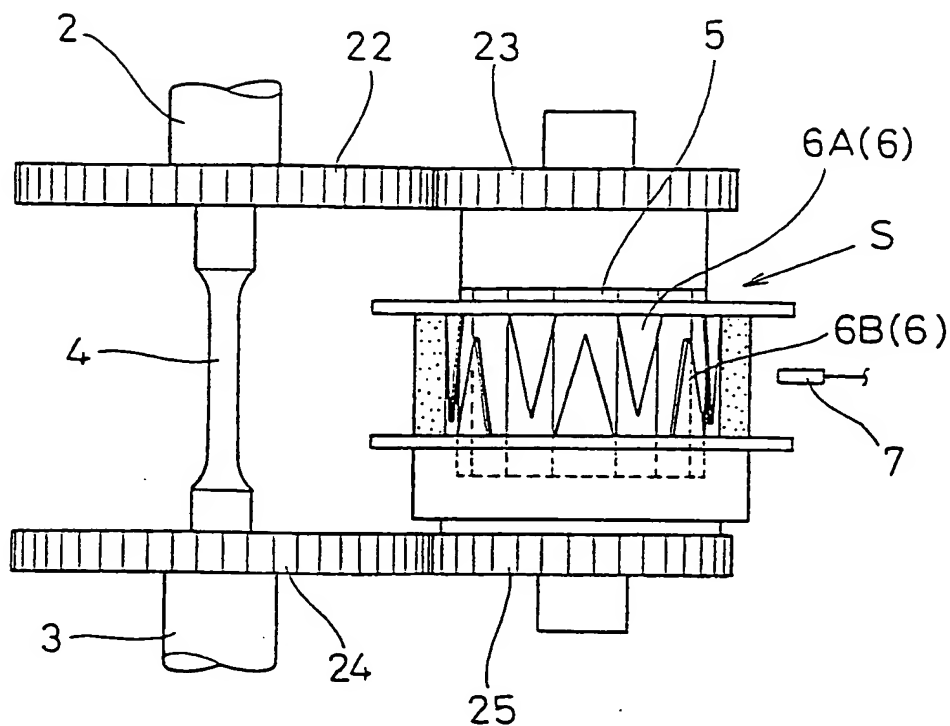


FIG. 20B

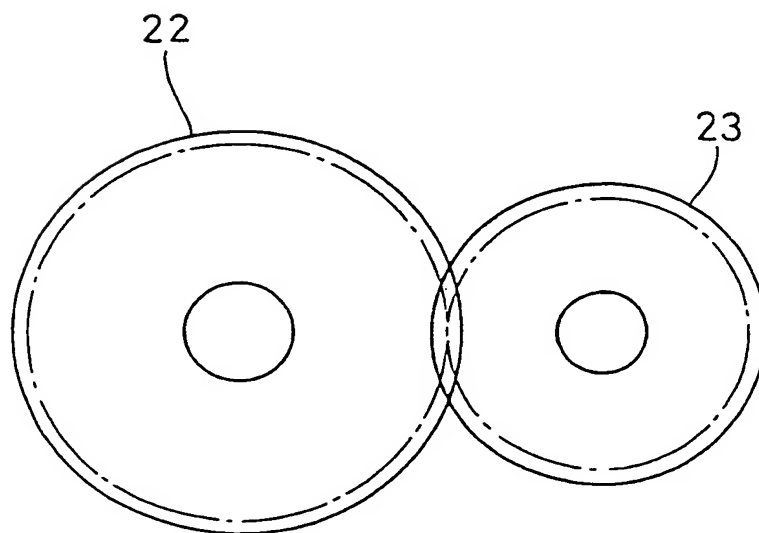


FIG. 21B

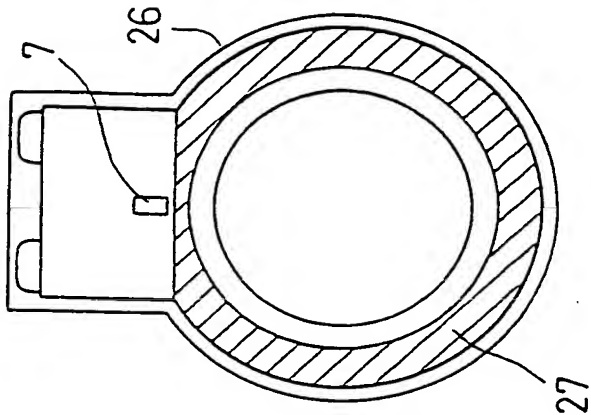


FIG. 21A

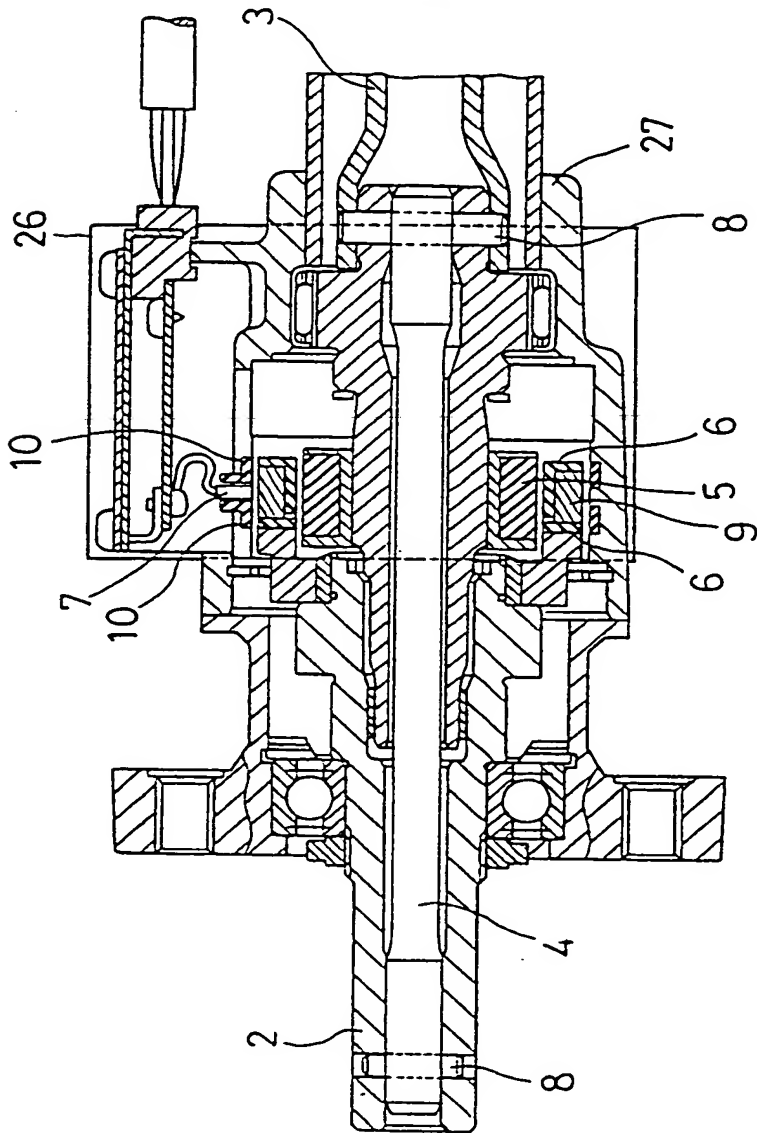


FIG. 22B

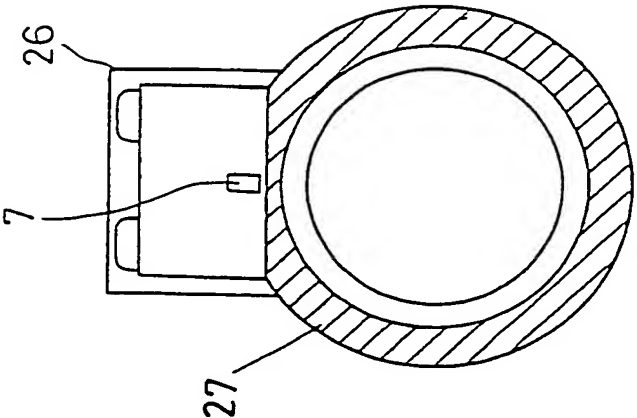


FIG. 22A

